ISSN 0376-477X

台灣農業研究

第五十四卷　　第 三 期

目　　次

低鹽辣椒醬之研發……羅淑卿 謝寶全 …135
水稻田二氧化碳吸存量之研究……姚銘輝 陳守泓 …150
賜諾殺濃餌劑在番石榴園防治東方果實蠅（雙翅目：果實蠅科）之效果評估……何坤耀 洪士程 陳健忠 …162
荔枝採收後處理機械之研發……陸龍虎 蔡致榮 梁連勝 徐武煥 王怡玎 鄧永興 …169
接種期對叢枝菌根菌繁殖與溫度對孢子發芽之影響……莊明富 程永雄 …184
山藥種原外表形態及分子標記之變異研究……賴瑞聲 高瑞隆 林義恭 胡敏夫 劉新裕 …195

中華民國九十四年九月
行政院農業委員會農業試驗所出版
中華民國　臺灣　臺中縣　霧峰鄉

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:135~149(2005)

低鹽辣椒醬之研發 [1]

羅淑卿[2,4]　謝寶全[3]

摘　　要

羅淑卿、謝寶全。2005。低鹽辣椒醬之研發。台灣農業研究 54:135-149。

本文探討不同添加物對醃漬辣椒醬之影響，添加物包括食鹽（0、3、6、12%）、酒精（1~4%）、有機酸（0.1~0.4%）及微生物（*Saccharomyces rouxii* 、*Pediococcuss soya*）等。結果顯示各種濃度之添加物中，只有含 12%鹽度之各組未發生酸敗，且經 14 天發酵有良好風味產生；添加 6%鹽度者，含鹽量雖低，可縮短發酵時間為 6 天，但極易腐敗。不同的添加物所得的醃漬辣椒醬有不同的風味，添加酒精（1、2 及 4%）與接種酵母菌（10^6、10^8/克）者有相近之風味，添加乳酸（0.1、0.2 及 0.4%）和接種乳酸菌者亦有相近風味。整體而言，添加酒精、乳酸或接種微生菌發酵者香氣較佳，而發生酸敗者會有較高之可滴定酸含量（0.05%以上）及較低之酸鹼值（5 以下），產品顏色較暗沉；未發生酸敗者，有較亮麗之色澤及較低之生菌數（10^7 以下），其中以 0.4%磷酸及 0.4%醋酸處理者有較豔麗之顏色。未酸敗者經品評結果以添加 2%酒精者有較高之評分。

關鍵詞：辣椒醬、低鹽、發酵。

前　　言

醃漬物為利用高鹽或高糖處理之一種保藏食品的加工方式，大都為東方之傳統食品，常用於當令季節性盛產之蔬果，如小黃瓜、菜心、竹筍、榨菜、蘿蔔、芥菜等。

雖然現今低溫保藏設備發達，但由於醃漬食品具有特殊良好之風味，是生鮮蔬果無法媲美的，所以醃漬食品在國內有一定的市場佔有率，但隨國人的飲食習慣逐漸改變，消費者選擇上大多趨向於低鹽化的加工品，亦隨著日本醃漬品低鹽化發展，國內的傳統醃漬品也多大朝低鹽化加工。曾有學者利用充氮氣醃漬黃蘿蔔（黃 1992）、利用醃漬配合加壓脫鹽水以減低酸菜醃製耗鹽量（黃等 1997）或以添加鉀鹽、鈣鹽配合有機酸醃漬梅、李（廖等 1994），甚而利用微生物接種至醃漬物中，以控制發酵菌相，如添加乳酸菌或酵母菌於苦瓜（李等 1998）或味噌（鄧 1979；鄧 1980；鄧等 1982）中，或以低溫發酵配合接種乳酸菌製作低鹽小黃瓜（陳等 1996）等，此些研究結果不但降低醃漬物耗鹽量，另有改善醃漬品安全衛生，縮短發酵時間，品質標準化及減低生產成本之優點。

---

1. 行政院農業委員農業試驗所研究報告第 2233 號。接受日期：93 年 4 月 23 日。
2. 本所農化組助理研究員。臺灣 臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立屏東科技大學食品科學系教授。臺灣 屏東縣　內埔鄉。
4. 通信作者，電子郵件：shuchin@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302805。

辣椒屬茄科（Solanaceae），為一年或多年生作物，最主要栽培時期為秋作，國內以嘉南平原及高屏地區栽培較多，除供國內消費外，並外銷東南亞。在台灣，除供鮮食或曬乾製粉外，另有製成剝皮辣椒或醃漬為辣椒醬食用（洪 1989），辣椒醬在中式烹調食品中，佔有相當重要的地位，以往辣椒醬的釀製皆以自然發酵生產，除需添加高濃度之食鹽以防雜菌增生污染外，尚需於太陽下曝曬，其發酵情形又受氣候、溫濕度變化影響，故難以掌控發酵品質，此外需長時間發酵，不但耗費大量人力及倉儲成本，且製品品質良莠不齊。由於目前未有低鹽化辣椒醬之市售產品，如何降低醃漬辣椒醬耗鹽量之研究亦不多，因此隨著醃漬品低鹽化蓬勃發展之趨勢，有必要改善傳統辣椒醬之製程，發展低鹽化製品，增加消費者選擇性。

材料與方法

材料製備

將市售生鮮辣椒去蒂、洗淨、破碎後，裝入洗淨之塑膠桶中，每桶裝入辣椒 1000g，然後依各處理條件之不同分別添加 0~12%食鹽（台鹽實業）、1~4%酒精（台灣菸酒公賣局）、有機酸（Riedel-de Haen）、乳酸菌 *P. soyae* 及酵母菌 *S. rouxii*，混合均勻後，在室溫下發酵 14 天，期間作外觀檢視，發酵後進行化學分析及微生物含量檢測。

接種菌種之培養方法

（1）乳酸菌 *Pediococcus soyae* 培養基組成：0.5%yeast extract，1% peptone，1%glucose，0.5% sodium acetate，3.5% NaCl，pH6.8。（2）酵母菌 *Saccharomyces rouxii* 培養基組成：2% glucose，1% yeast extract，1% peptone，0.5%KH_2PO_4，0.5%K_2HPO_4，3.5% NaCl，pH7.0。（3）將乳酸菌或酵母菌分別接種於裝有 150ml 經事先滅菌之培養基中，於 30℃靜置培養 24 小時後，以低溫離心機（1000×g，10min）分離收集菌體，再以血球計算盤算出菌數，並按辣椒重每克添加 10^6 及 10^8 之菌體，經混勻後再進行發酵。

微生物檢測方法

依據陳等（1996）之方法進行各種處理辣椒醬樣品之微生物含量檢測。

化學分析及感官品評之方法

依據陳等（1996）及李等（1980）之方法，進行各種處理辣椒醬色度、pH 值及可滴定酸之檢測。

色度測定：取上清液直接以色差計（Gardner Inc.,Co., germany， BYK-Gardner GmbH Cat No.6800）測定讀取 L、a、b 值，L 值 100 為全白，0 為黑，a 值正時為紅，零時為灰，負時為綠，b 值正時為黃，零時為灰，負時為藍。

可滴定酸之測定：稱取 1g 辣椒發酵物，加 25ml 蒸餾水浸出有機酸，再以濾紙（Whatman No.4）過濾，收集濾液於 100ml 量瓶內，重覆 4 次洗滌濾紙上的殘渣，將其洗滌水加入定量瓶內至全量為 100ml，吸取 25ml 的試料溶液，移入於 100ml 三角瓶內，加入 1 滴 bromthymol blue-neutral red 混合指示劑，再以 0.1N NaOH 溶液滴定，並依下式，計算可滴定酸量，以乳酸計。

有機酸量=滴定量×F×0.009×100/S×1/25×100；F:0.1N NaOH 溶液力價；S:樣本量（g）；pH 值測定：取上清液直接以 pH meter（Suntex Inc.,Co.,Model sp701）測定之。

官能品評：取添加酒精（1~4%）、有機酸（0.1~0.4%）、微生物（10^6、10^8）、食鹽（12%）醃漬 14 天之辣椒發酵成品，由農試所內 15 位同事為品評員，並進行官能品評，採評分方法（scoring method）對各處理樣品進行官能品評，評分標準採 1~10 分制，其標準為 10~9 分為很好，8~7 分：好，6~5 分：

普通，4~3 分：差，2~1 分：很差；評分項目有外觀、色澤、香味、接受性，評定時，以市售採用傳統發酵法之成品作為品質良好及不可接受之參考標準，品評結果以統計分析求各處理間之差異顯著性。

統計分析

每一試驗均進行三重複，所得結果採用 Statistical Analysis System （1985）軟體進行變異數分析（ANOVA，Analysis of variance）與 Duncan's Multiple Range test 分析，以比較結果之統計顯著性。

結　　果

食鹽、酒精、有機酸及微生物等對低鹽辣椒醬外觀及風味之影響

辣椒添加食鹽（0~12%）醃漬 14 天後，外觀上分裂酵母（*Zygosaccharomyce*）之發生情形如表 1 所示，分裂酵母之產生量會隨食鹽濃度之增加而減少，只有 12%鹽度此組發酵全程不產生分裂酵母，每桶辣椒醬白黴的發生速率因食鹽之添加量而異，無添加食鹽者，會於醃漬第二天，3%鹽度組於第三天、6%鹽度組於第七天發生酸敗，鹽量低者會愈早發生腐敗，鹽度愈高，白黴的發生就愈遲，以添加食鹽濃度（0、3、6、12%）之基礎下，分別加入 1~4%酒精、0.1~0.4%有機酸或有益菌，分裂酵母會隨著添加物濃度之增加而隨之減少，但各式添加物處理，仍和只添加食鹽者，在同一天發生酸敗，但產生量較少，只有添加 12%鹽度於醃漬全程內不產生分裂酵母，分裂酵母並不會因添加物之種類及濃度而抑制其生成，且其生成量如同只添加食鹽處理者，隨鹽濃度之增加而減少。

在風味上，辣椒在醃漬 14 天後，無添加及添加 3%之食鹽者，辣椒醬呈現惡臭，只有 6 或 12%食鹽添加量者，才會有辣椒醬之香味產生，此二者亦為分裂酵母（*Zygosaccharomyce*）之產生量少及不發生者。添加食鹽濃度（0~12%）之基礎下，添加各種濃度（1~4%）之酒精、有機酸（0.1~0.4%）及有益菌，無添加及 3%鹽度之各組，不論任何濃度之添加物，在醃漬期間 14 天內，會於未產生良好風味之前就逐漸產生惡臭，且隨著醃漬期之拉長，惡臭味愈是強烈，6%鹽度之各組，會於發酵第六

表 1. 不同食鹽濃度、有機酸及微生物對醃漬辣椒風味及產膜酵母發生之影響

Table 1. Effect of NaCl and organic acid and microorganisms on the flavor and *Zygosaccharomyces* appearance of pepper paste

	Yeast appearance [z] at NaCl (%)				Paste flavor [y]			
Treatment	0	3	6	12 [x]	0	3	6	12
None	＋＋[z]	＋＋	＋	－	Ⅰ[z]	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
Alcohol（1~4%）	＋＋	＋＋	＋	－	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
Acetic acid（0.1~0.4%）	＋＋	＋＋	＋	－	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
Lactic acid（0.1~0.4%）	＋＋	＋＋	＋	－	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
Phosphoric acid（0.1~0.4%）	＋＋	＋＋	＋	－	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
P. *soyae* 10^6 /g	＋＋	＋＋	＋	－	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
P. *soyae* 10^8 /g	＋＋	＋＋	＋	－	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
S .*rouxii* 10^6 /gl	＋＋	＋＋	＋	－	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
S. *rouxii* 10^8 /g	＋＋	＋＋	＋	－	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ

[z] *Zygosaccharomyces* appearance expressed as ＋＋（appeared），＋（slightly appeared）and －（not appeared）.

[y] Flavor expressed as Ⅰ（rancid taste），Ⅱ（slightly rancid ），Ⅲ（light pepper paste taste）and Ⅳ（pepper paste taste with flavor）.

[x] Concentration of NaCl（%）

天時產生良好辣椒醬風味，但醃漬期之拉長，會逐漸轉為酸敗並發出惡臭，醃漬汁液也會隨分裂酵母之增加而逐漸混濁，12%鹽度之各組，於醃漬末期 14 天，才會產生良好的辣椒風味，其中添加磷酸者，在各鹽含量之各組，辣椒醬體積會膨脹、產氣，卻不會立即酸敗，由於過多的酒精或有機酸會讓人嚐起來有嗆味及酸味，並使有益菌無法生長，因此不試驗更高濃度，由於乳酸菌可在 4%以下之酒精濃度生長而產生風味物質，加上酒精本身具揮發性，因此未發生腐敗者，製成的辣椒醬有較未添加者多一股清新之芳香味，添加有機酸之各組亦因添加酸劑之不同而呈現不同之風味；添加 *S.rouxii* 者，同添加酒精處理者，會呈現清新之芳香味，是因 *S.rouxii* 為一株酒精產生菌；添加乳酸及 *P.soyae* 者，會有似果香般之甜味，醋酸者，酸味較濃，磷酸者則香氣較不明顯，未發生酸敗（12%鹽度）或微酸敗者（6%鹽度）之各組，在外觀、香氣及風味上則不因添加物濃度之多寡而有多大差異，傳統發酵食品製程中，表面的白黴若未去除或埋入辣椒醬內，則會受氧化而變黑，使整桶辣椒醬顏色變得暗沈，並發生惡臭，由於白黴會消耗發酵初期所產生的酸，辣椒醬醃漬環境為一開放空間系統中，空氣中的腐敗菌或致病菌若是落入，更易生長，因此醃漬物應儘量避免白黴發生。

酒精、有機酸、微生物及食鹽等對低鹽辣椒醬中有機酸含量之影響

以添加食鹽濃度（0、3、6、12%）之基礎下，分別加入 1~4%酒精、0.1~0.4%有機酸或有益菌，視其對辣椒醬中有機酸含量之影響（圖 1），結果顯示隨著酒精濃度及鹽度添加量之增加，可滴定酸產生量會隨之減少，隨著乳酸、醋酸量及鹽度之增加，可滴定酸之產生量有先降後升之趨勢；添加磷酸者，酸度會隨著添加濃度之增加而提高；隨著鹽度、乳酸菌及酵母菌添加量之增加，可滴定酸有下降之趨勢。食鹽含量 0%之各組，醋酸處理者有較高之可滴定酸，鹽度 3%及 6%之各組，酵母菌處理者有較高之可滴定酸，於 0.2%以上，其他處理皆可抑制在 0.15%以下，鹽度 12%之各組，酸度大致落於 0.1~0.15%之間，添加酒精則會較低，於 0.1%以下，磷酸 4%處理者則較高。

酒精、有機酸、微生物及食鹽等對低鹽辣椒醬中酸鹼值之影響

以添加食鹽濃度（0、3、6、12%）之基礎下，分別加入 1~4%酒精、0.1~0.4%有機酸或有益菌，視其對辣椒醬中 pH 之影響（圖 2），不論鹽度或添加物之多寡，各組 pH 大致落於 4~5 之間；各組間以酒精處理者有較高 pH 值。隨著酒精濃度及鹽度之增加，pH 值有先升後降之趨勢；以 0.1~0.4%醋酸處理者，pH 則不隨添加量之增加而有明顯變化，但隨著鹽度之增加而有先降後升之趨勢。以 0.1~0.4%乳酸處理者，添加多量之乳酸，反而得較高之 pH 值。但隨著鹽度之增加，pH 隨之降低。以 0.1~0.4%磷酸處理者，磷酸濃度較高者，有較高之 pH 值，但隨著鹽度之增加，pH 值會降低。添加乳酸菌及酵母菌，則和醋酸處理者得相同結果；無添加食鹽之各組中，醋酸及磷酸、酵母菌處理者有較高之 pH 值，添加 3%之鹽度者，4%酒精處理組可得較高之 pH 值，但酵母菌組卻有較低之 pH 值，添加 6%之鹽度者，以醋酸及酵母菌處理者有較低之 pH 值，添加 12%之鹽度者， 4%磷酸有較低之 pH 值，一般而言，pH 值低，酸度會較高，但由試驗結果並非如此，pH 之降低與酸度之增加並不成一定的比例，此乃因不同種類之菌所產生乳酸及醋酸之比例不同，又由於此兩種酸解離常數不同之故（殷等 1983）。

酒精、有機酸、微生物及食鹽等對低鹽辣椒醬中色澤之影響

色度之測定一般以 L、a、b 值表示，其中 L 值表明亮度，數值愈高表示色澤愈亮，數值低表色澤暗，a 值正表紅色，數值愈大表示色澤愈紅，b 值正時為黃，零時為灰，負時為藍，以添加食鹽濃度（0、3、6、12%）之基礎下，分別加入 1~4%酒精、0.1~0.4%有機酸或有益菌，視其對辣椒醬色澤之影響（圖 3），每一處理皆有隨著鹽度之增加，L 值有先升後降之趨勢，值多介於 15~25 之間。添加多量之乳酸、磷酸及乳酸菌處理組有較高之亮度值；添加酒精及酵母菌之處理組較無其它組之規則

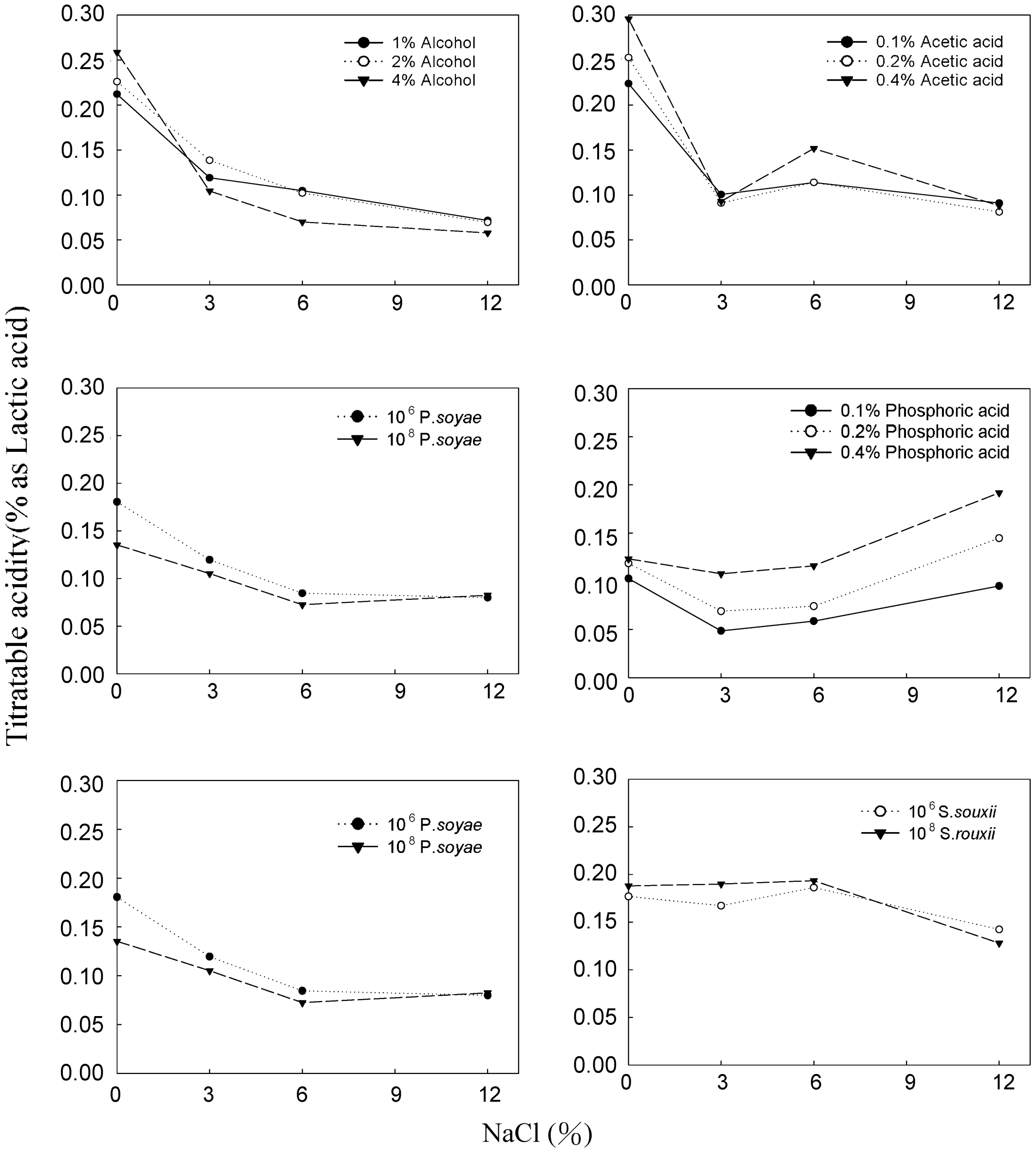


圖 1. 酒精、有機酸、菌類及食鹽對試釀辣椒醬酸度之影響。

Fig. 1. Effect of organic acids, alcohol and NaCl on the acidity of pepper paste.

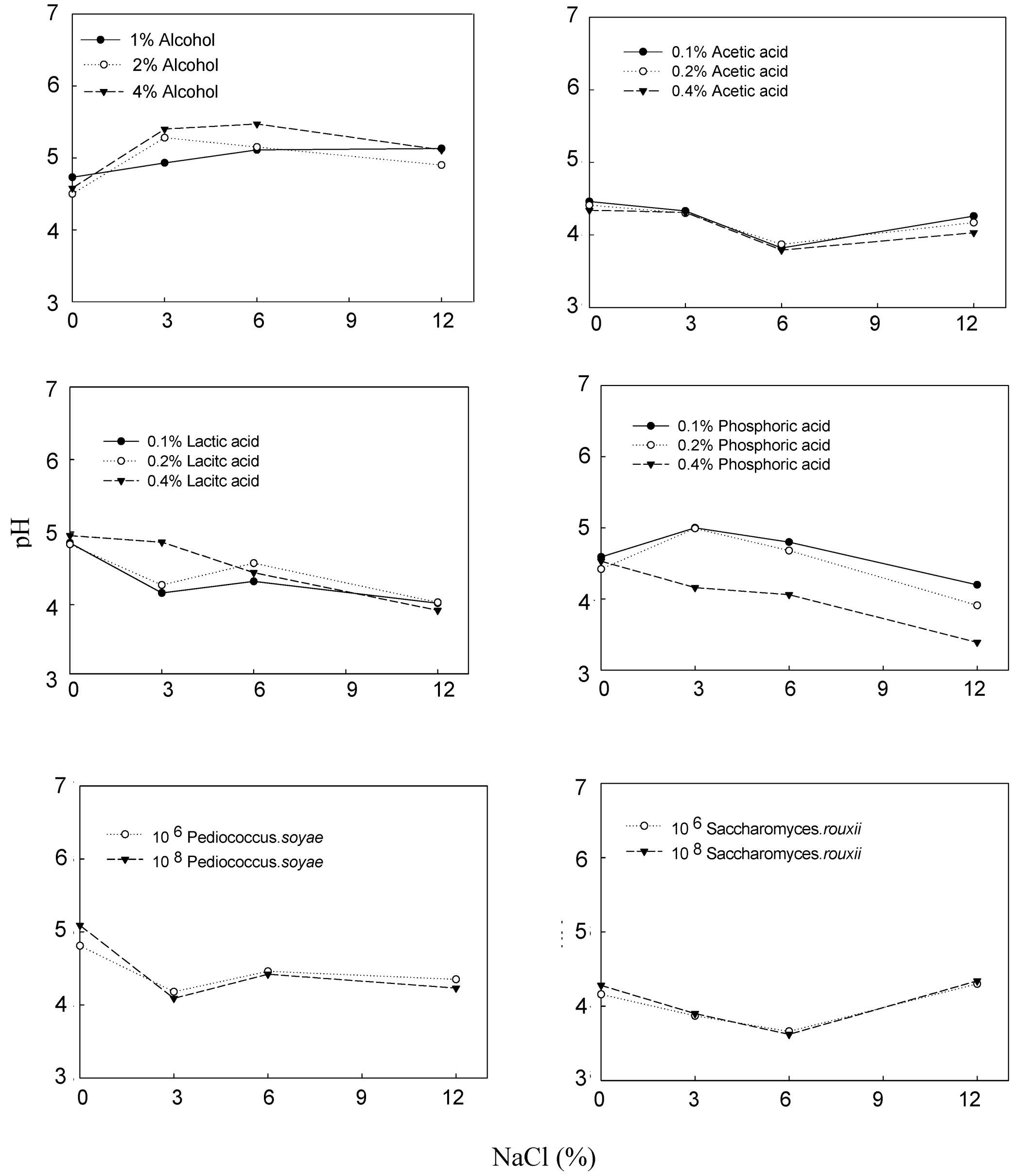


圖 2. 酒精、有機酸、菌類及食鹽對試釀辣椒醬 pH 值之影響。

Fig. 2 Effect of organic acids, alcohol and NaCl on the pH value of pepper paste.

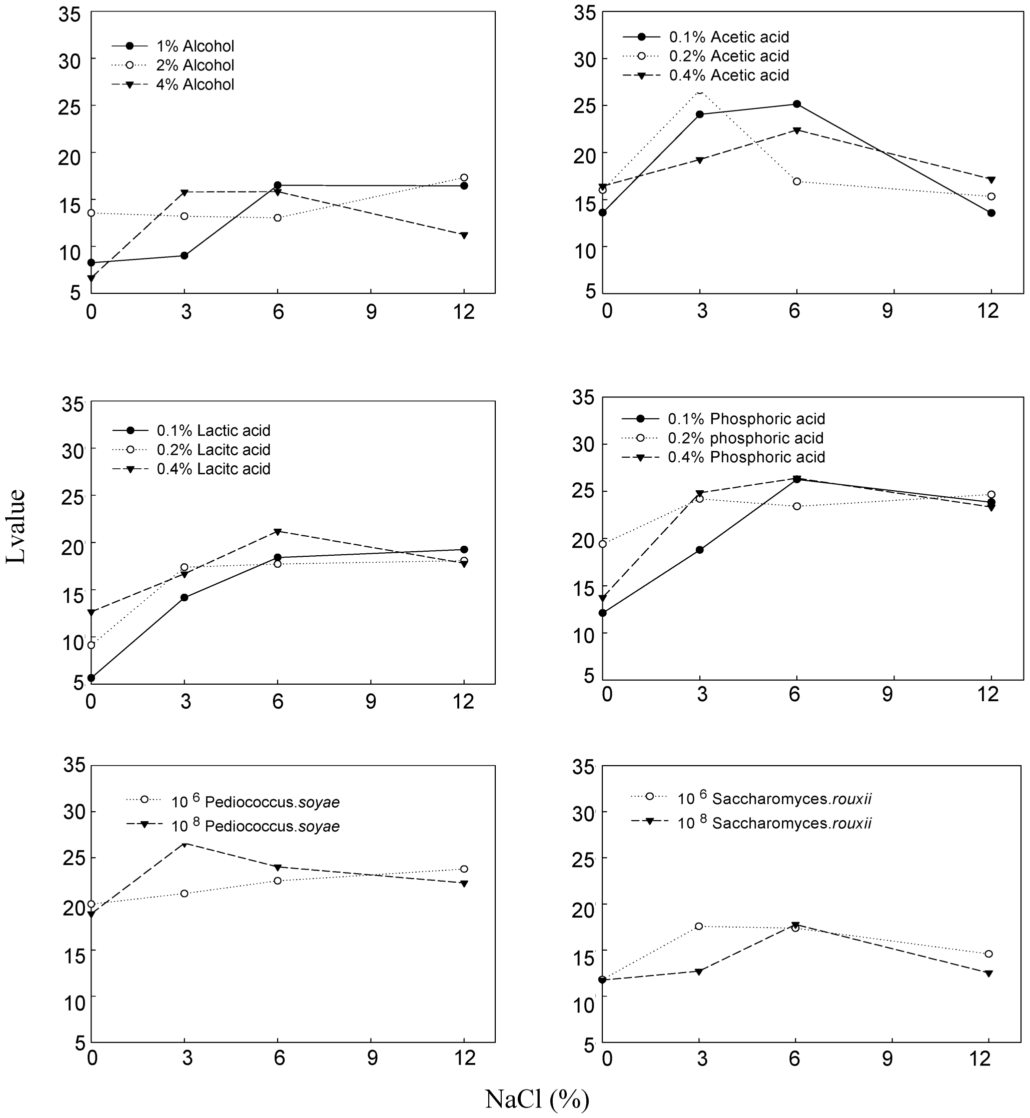


圖 3. 酒精、有機酸、菌類及食鹽對試釀辣椒醬 L 值之影響。

Fig. 3. Effect of organic acids, alcohol and NaCl on the L value of pepper paste.

性。無添加食鹽者，添加 1~4%酒精、0.1~0.4%有機酸或有益菌處理者，其 L 值較其它有添加食鹽者為低，外觀上呈現較暗沈，亦是酸敗較為嚴重之組別。其中添加乳酸菌組有較高之 L 值，食鹽含量 3%及 6%者，以醋酸及磷酸處理者，有較高之 L 值，12%之鹽度者，則以添加磷酸及乳酸菌處理有較高之 L 值。

各組紅色度 a 值介於 20~25 之間（圖 4），以酒精及乳酸處理者，會隨鹽度之增加 a 值漸增而趨於持平，醋酸、乳酸菌及酵母菌處理者，但會隨著鹽濃度之增加，有先升後降之趨勢，以醋酸降低之幅度較大，惟以磷酸處理者，添加濃度愈高，a 值會愈高，其餘各處理組並未依其添加物之濃度增加而有規則性之變化；無添加食鹽者，添加 1~4%酒精、0.1~0.4%有機酸或有益菌處理者，其 a 值較其它有添加食鹽者為低，外觀上較偏暗褐色，亦是酸敗較為嚴重之組別，添加 3%食鹽或 6%之各組，以 0.1%醋酸及 0.4%磷酸處理者有較高之 a 值，外觀也呈現豔紅。鹽度 12%之各組，以添加 0.2%及 0.4%之磷酸處理有較高之 a 值，以磷酸處理會較其他組可得較亮紅之辣椒醬。

在 b 值方面(圖 5)，各處理 b 值皆有隨著鹽濃度之增加而有先升後降之趨勢，以醋酸升降幅度較大。以磷酸及乳酸菌處理者，b 值較高，各鹽度皆在 20 以上；鹽度 3%之各組，以添加 0.4%磷酸者有較高 b 值；鹽度 6%之各組，以添加 0.1%醋酸者有較高 b 值，鹽度 12%之各組，以磷酸及乳酸菌處理者，b 值較高，在 20 以上，分裂酵母生成一段時間易被氧化或續受雜菌生長呈灰暗色，所以酸敗愈嚴重者(如 0%之鹽度)，不論何種處理，L、a、b 皆因而較低，由於茄紅素(lycopene)在酸性環境下呈現紅色，所以低 pH 值會有較高之 L 值及 a 值，因醃漬辣椒色澤變化之因子複雜，仍需進一步探討。

酒精、有機酸、微生物及食鹽等對低鹽辣椒醬中總生菌數、酵母菌與黴菌數及大腸桿菌數之影響

以食鹽濃度（0、3、6、12%）之基礎下，分別加入各種濃度之酒精（1~4%）、有機酸（0.1~0.4%）或有益菌，視其對辣椒醬色澤之總生菌數、酵母菌與黴菌數及大腸桿菌數之影響（圖 6、7），各處理皆隨食鹽濃度之增加而總生菌數漸降低之現象，其中以添加 4%醋酸降低之幅度最大，各組皆呈現添加物濃度愈高，總生菌愈少之現象，惟乳酸相反，並不因添加濃度之增加而有所變化；無添加食鹽者，添加 1~4%酒精、0.1~0.4%有機酸或有益菌處理者，皆有較高之生菌數；12%之鹽濃度於各組皆可得較少之總生菌數。在酵母菌及黴菌總量方面（圖 7），以酒精及乳酸處理者，會隨著鹽度之增加而酵母菌及黴菌數降低，醋酸及磷酸則呈現持平之現象，添加物之濃度多寡對總酵母菌及黴菌數改變不大；未添加食鹽度之各組，以乳酸處理者有較高之總酵母菌及黴菌數；12%之鹽度以添加酒精 4%處理者，可得較少之總酵母菌及黴菌數，未發生腐敗者，最高總生菌數達 10^7cfu/g，酵母菌與黴菌數亦達 10^6cfu/g。；另進行大腸菌群之檢測，結果發現未能檢測出其存在，一般細菌在 pH5.0 以下就不會生長，而乳酸菌、酵母菌、黴菌分別在 pH3.9、pH3.0、pH2.0 以下就不會生長（黃 1986），因此本試驗製成辣椒醬中殘留應多為酵母菌及黴菌及乳酸菌，由圖 6、7 結果顯示，測定出生菌確以酵母菌及黴菌數為多。

不同添加物醃漬辣椒之品評結果

在食鹽含量 12%之基礎下，添加各種濃度之酒精（1~4%）、有機酸（0.1~0.4%）或有益菌，醃漬成辣椒醬，供品評員作感官品評，其結果顯示，在色澤方面，添 1%酒精組有較高評分（表 2）；在香氣方面，2%酒精組有較高之評分；在風味方面，仍以 2%酒精組有較高之評分，整體以而言以酒精處理者較為品評員所歡迎，有較傳統製成之辣椒醬評分為高，顯示以酒精處理不僅可降低醃漬鹽分，製成的辣椒醬較其他處理者有更佳風味，在中式烹調上，加酒調理除了去腥味外，更有調香提味之功效，所以辣椒醬以酒精處理有雙重功效，辣椒醬再經炒製裝罐後，可得品質優良、安全衛生之低鹽辣椒醬。

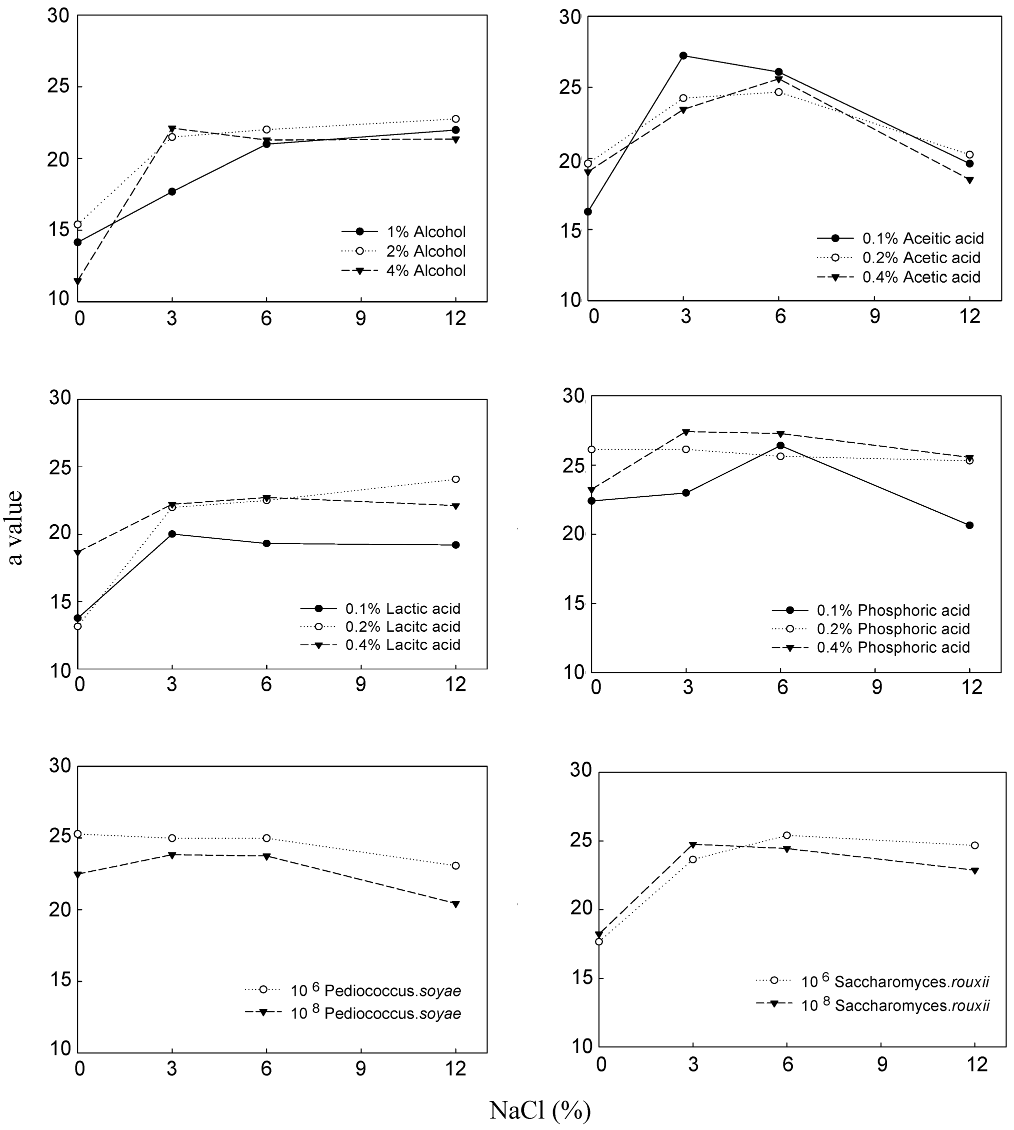


圖 4. 酒精、有機酸、菌類及食鹽對試釀辣椒醬 a 值之影響。

Fig. 4. Effect of organic acids, alcohol and NaCl on the a value of pepper paste.

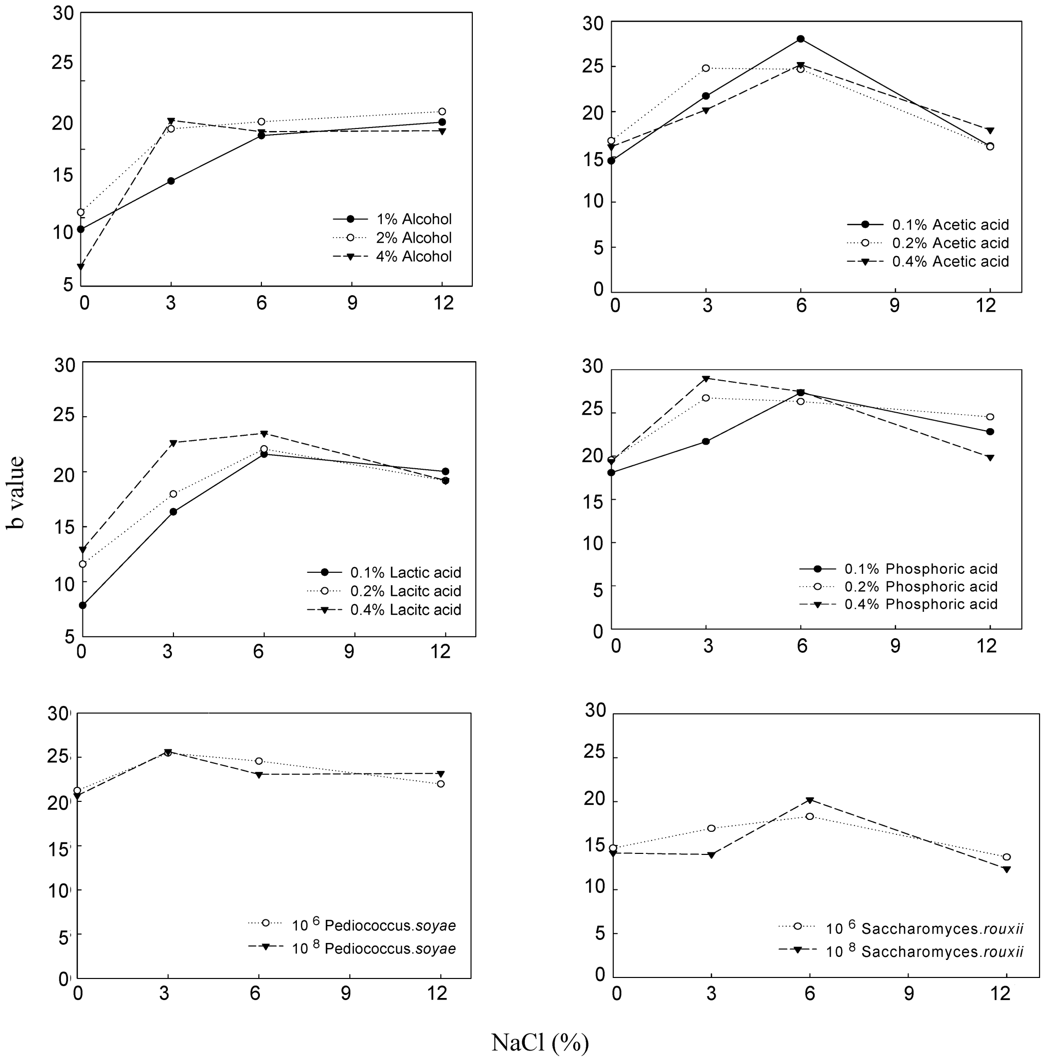


圖 5. 酒精、有機酸、菌類及食鹽對試釀辣椒醬 b 值之影響。

Fig. 5. Effect of organic acids, alcohol and NaCl on the b value of pepper paste.

討　　論

傳統辣椒的醃漬主要以自然發酵（natural fermentation）之方式進行（洪 1989），亦有利用接種菌進行控制發酵者（controlles fermentation）（林 1982）。自然發酵主要是靠蔬菜原料上所存在之有益菌來完成，不過原料上所存在之微生物種類繁多，若生長控制不適當，雜菌生長旺盛過於有益菌，會引起異常發酵（abnormal fermentation）而造成辣椒醬品質不良（林 1982），故蔬菜醃漬時，常添加適當鹽分以抑制雜菌之生長，並促進有益菌之繁殖。

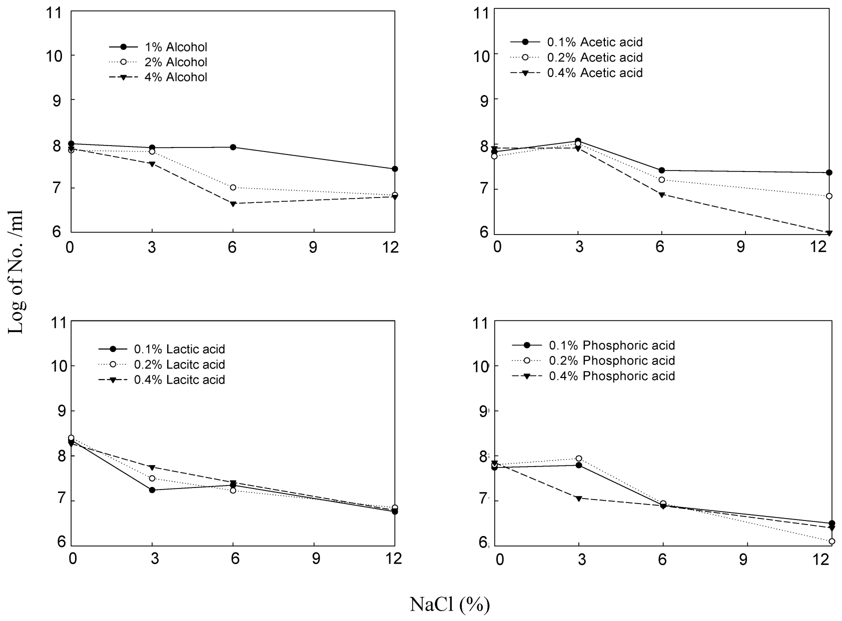


圖 6. 酒精、有機酸及食鹽對試釀辣椒醬總生菌數之影響。

Fig. 6. Effect of organic acids, alcohol and NaCl on total count of pepper paste.

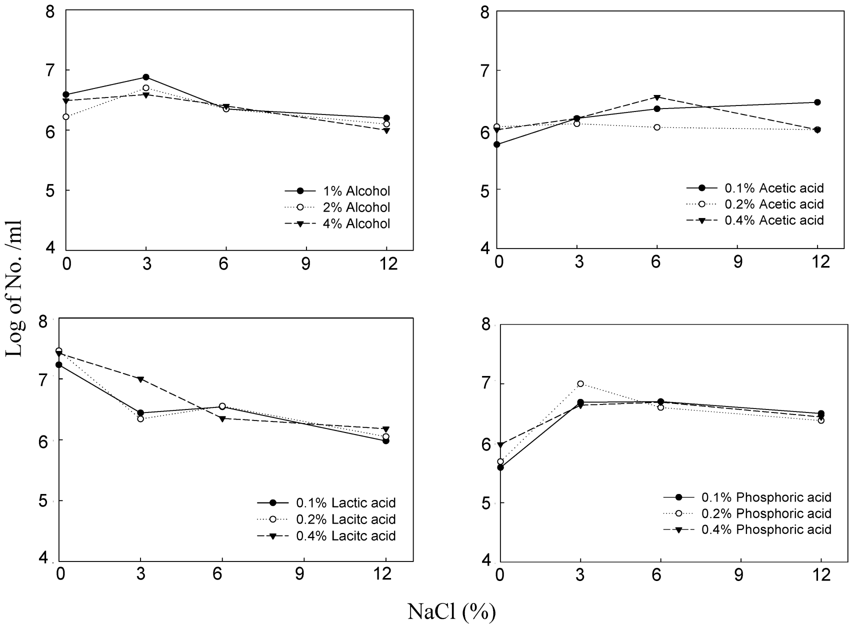


圖 7. 酒精、有機酸及食鹽對試釀辣椒醬酵母菌與黴菌數之影響。

Fig. 7. Effect of organic acids, alcohol and NaCl on yeast and mold count of pepper

表 2. 不同添加物醃漬辣椒品評結果
Table 2. Tasting results of pepper pickled with various additives

Treatment	Color	Aroma	Flavor
control	7.14 ab[z]	5.89 b	5.33 bc
Alc[y] 1%	7.71 a	5.88 b	7.00 ab
Alc 2%	7.55 ab	8.05 a	8.01 a
Alc 4%	7.47 ab	6.80 ab	7.00 ab
Lac 0.1%	5.23 ab	5.58 b	6.50 bc
Lac 0.2%	7.14 ab	6.22 b	5.73 bc
Lac 0.4%	6.21 ab	6.58 b	6.14 bc
Ace 0.1%	6.98 ab	6.47 b	6.50 bc
Ace 0.2%	6.13 ab	5.45 b	5.89 bc
Ace 0.4%	5.84 ab	6.75 b	6.32 bc
Pho 0.1%	5.79 ab	5.67 b	5.00 bc
Pho 0.2%	6.11 ab	5.88 b	6.45 bc
Pho 0.4%	5.71 ab	5.47 b	5.94 bc
P. soyae 10^6	6.91 ab	6.27 b	6.22 bc
P. soyae 10^8	5.24 ab	6.29 b	5.53 bc
S.rouxii 10^6	5.55 ab	6.00 b	5.86 bc
S.rouxii 10^8	5.06 ab	5.94 b	5.64 bc

[z] Means with the same letter in the same row are not significantly different. (p＜0.05) under analysis of variance performed by for Duncan’s multiple range test.
[y] Alc：Alcohol；Lac：Lactic acid；Ace：Acetic acid；Pho：Phosphoric acid .

由前人的研究報告指出（羅等 2003），辣椒醬若以傳統方法醃漬，需添加 14%以上鹽度才不致腐敗，但以人的味覺感受食品具適當風味之鹽度應為 3~4%，8%已屬稍鹹（賴等 1991），因此進一步降低辣椒醬醃漬鹽度有其必要，且食鹽添加量的減少對人體健康亦有益，但相對的會降低對微生物的抑制能力，食品安全性及保存性就會發生問題，必須添加食鹽以外之物質，補足對微生物之抑制（黃 1986），而添加物之選擇，可利用可食用兼具增加香氣之抑菌物質以控制發酵環境，在此原則下本文選用的添加劑為酒精、醋酸、乳酸、磷酸及發酵參與菌種 *S. rouxii*， *P. soyae*，於醃漬辣椒時加入共同發酵，探討能否將醃漬物在安全可食用之限制下製出品質穩定、健康兼具美味之辣椒醬。

由於酒精與食鹽之滲透壓相似並有防腐之功用，辣椒醬發酵完成炒製調味時亦會加入米酒調香（羅等 2003），因此若是加入參與共同發酵，刻意製造類似高鹽份之滲透壓環境，期能降低鹽份並解決雜菌污染之問題；由於腐敗菌在酸性環境下難以生長（殷等 1983），且辣椒醬在炒製調味時亦需加入酸味物質調味，因此亦可選擇添加有機酸（醋酸、乳酸或磷酸），試圖降低醃漬環境之 pH 值，探討降低鹽份之可行性。醋酸為簡單的有機酸之一，在中式菜餚中，是調味時最常用之酸味劑，其分子小殺菌力也強（黃 1986），乳酸是存在發酵食品中常見的一種有機酸，不僅可造成醃漬物的酸性環境，對有害菌的繁殖有抑制效果，並賦予醃漬物發酵風味，磷酸在食品添加物中可當作酸味料，使用於清涼飲料，由於口感不酸，有別於一般酸味劑，添加以上物質不僅測試降低醃漬鹽度之可行性，並觀察經其處理後對辣椒醬風味之影響。結果如表 1。

由文獻指出，對醃漬物而言，當合用各種添加物時，總滲透壓為個別滲透壓之和（黃 1986），所以加入酒精或有機酸應可造就只加食鹽者更高之滲透壓，而可延緩酸敗之發生，但本試驗結果顯示並非如此，原因有待進一步試驗探討。

傳統醃漬辣椒以天然發酵進行，參與雜菌多且複雜，利用高鹽抑制雜菌增生並使耐鹽性有益菌慢慢生長，使得醃漬製程需耗時 1 個月以上（羅等 2003），但若一開始即以外接之方式加入大量耐鹽性有益菌，期加速發酵反應進行，應可縮短發酵時間，得品質穩定、安全衛生之辣椒醬，因此於接入 *S. rouxii*、 *P. soyae* 此二株菌參與辣椒醬之醃漬，二者曾被用來釀製低鹽味噌醬（鄧等 1982），並有不錯的成果。由試驗結果顯示白黴發生速率和上述酒精、有機酸各處理者相同，由於鹽份過低，雖添加優勢菌，但仍不能有效控制發酵環境，這和林 1982 做出的有相同結果；在風味方面，接種乳酸菌所製成之辣椒醬和添加乳酸者有相似的果香甜味，風味相當特殊，接種酵母菌者，由於其可利用辣椒醬中的糖分生成酒精，去除生臭味並賦予漬物特殊香味，所製成之辣椒醬和添加酒精者有相似的清新香味，因此，若考量業者技術不足及設備成本之降低，添加乳酸及酒精取代接菌似乎可行；由文獻指出，一般發酵食品製成分三階段：乳酸發酵、酒精發酵、後熟（風味形成），乳酸菌生成的有機酸，會使環境 pH 降低而造成有利於酵母菌生長增殖的環境，酵母菌在發酵過程中，會生產乙醇、高級醇類、揮發性酸及其他微量香氣成分，此等會與醃漬食品融合成特殊風味（蔣 1997），因此若以先後次序接入二株菌，應可進一步降低鹽分，製成風味特殊之辣椒醬。

由於白黴等雜菌會消耗發酵酸，使醃漬環境之 pH 提升（羅等 2003），讓環境中的雜菌更易生長，會再產生酸性物質，使辣椒醬呈現酸敗狀，所以 0%鹽度之各組有較高之酸度（圖 1、2），除乳酸及磷酸處理者外，皆有隨鹽度增加而可滴定酸愈低之趨勢，應為產酸菌於高鹽度環境中不易生長之故，6%之鹽度，雖會讓白黴及雜菌生長，由於生成不多，所以產酸量並不多，雖酵母菌可利用乙醇轉為醋酸，但在 9%鹽度以上其能力會受抑制（蘇等 1992），因此添加酒精者，高鹽分組有較低之可酸定酸及較高之 pH 值，磷酸此組呈一相當規則之酸度及 pH 值變化，即加入越多之磷酸，可滴定酸越高、pH 越低，研判添加入的磷酸不如其他添加劑易被多種微生物利用，添加乳酸者，添加量愈多反而得到愈低之酸度，研判酵母菌可利用乳酸產生酒精而將添加入乳酸消耗掉，12%之高鹽度環境，酵母菌不易生長，因此酸不被消耗，酸度值較高，有學者指出發酵過程中微生物相及酸度受鹽分之影響很大（殷等 1983；李等 1989），由本試驗結果顯示，亦應受添加劑之不同而有不同。

蔬菜之醃漬過程中，常因黴菌與酵母菌之繁殖與生長而使成品之品質敗壞，故控制其生長繁殖為醃漬過程中所必須的，因此探討酒精、有機酸及食鹽等對低鹽辣椒醬之安全衛生控制情形，結果如圖 6、7，添加 4%之醋酸處理有較低之總生菌數，由於醋酸的分子最小，在滲透壓上較有利，抗菌力會強過其他有機酸（黃 1986），但在黴菌和酵母菌數並無較其他組低，由於本試驗是檢測活菌數，推測部分生菌已因發酵之環境不適合生長而死去，所以低鹽度者有較少之總生菌數；試驗結果未測定出有大腸桿菌（原含菌數為 10^1~10^2/g）存在，由前人研究報告指出，醃漬竹筍添加 7~10%之鹽量，會在發酵三天後測不出大腸桿菌之存在，其原因研判受所添加之食鹽、乳酸菌或其他產酸菌產生的酸抑制其生長之結果（殷等 1983）。

低鹽量時，單一方法若不能抑制微生物生長，不能達到降低鹽分及延長保存期限之效果，亦可以兩種或兩種以上的方法綜合使用，應可達良好抑制效果及醃漬物品質，所以酒精、有機酸、食鹽三者若聯合併用，如何調整三者的關係或配合其他之方法（如冷藏）製作醃漬食品，將會是辣椒醬未來之研究方向。

誌　　謝

本試驗承行政院農業委員會補助部份經費，謹致由衷之謝忱。

引用文獻

李秀、賴滋漢。1980。食品分析與檢驗。p.57。精華出版社。台中市。

李春生、范晉嘉、李洪潮。1989。延長醃漬時間對酸菜品質之影響。食品科學 16(3):203-209。

李穎宏、龔賢鳳。1998。苦瓜醃漬加工之研究。高雄區農業改良場研究彙報 9(2):14-26。

林麗芳。1982。*Bacillus coagulans* 之生理特性及其在醃漬辣椒上應用之探討。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。72 pp.

洪進雄。1989。本省辣椒產銷及利用調查。興農雜誌 247:23-30。

殷正華、周正俊。1983。鹽度對於竹筍醱酵過程中微生物相及主要乳酸菌變化之影響。食品科學 10(3、4):62-73。

陳鴻章、顏裕鴻、張志豪。1996。低鹽小黃瓜漬物製造技術之研究。p.184-229。84 年度蔬果加工產品研究成果彙編。食品工業發展研究所。

黃玉齡、翁義銘、馮淑慧、邱義源。1997。酸菜裝罐發酵與利用加壓脫鹽水減低酸菜醃製耗鹽量之研究。食品科學 24(1):86-93。

黃明昌。1992。充氮低鹽醃漬黃蘿蔔。食品工業 24(11):21-26。

黃錦城。1986。低鹽醃漬微生物之抑制技術。食品工業。18(5):31-37。

廖秀娟、張基郁、顏裕鴻。1994。梅李低鈉鹽貯藏之研究。食品科學 21(5):341-355。

鄧德豐、謝寶全。1982。低鹽醱酵食品之製造研究(第三報)。*S.rouxii* 與 *P.soyae* 之混合培養及對試釀味噌之影響。食品科學 9(1,2):61。

鄧德豐。1979。低鹽醱酵食品之製造研究(第一報)。有機酸、酒精、食鹽等對 *Saccharomyces rouxii,Pediococcus soyae, Aspergillus oryzae* 及病原菌生長之影響。食品科學 6(1):14。

鄧德豐。1980。低鹽醱酵食品之製造研究(第二報)。有機酸、酒精、食鹽及 *S.rouxii* 等對味噌釀製之影響。食品科學 7(1):48。

賴滋漢、金安兒。1991。食品加工學製品篇。p.166。精華出版社。台中市。

羅淑卿、王三太。2003。不同辣椒品系辣味成分之分析及其加工。中華農業研究 52:218-226。

蘇俊權、李洪潮。1992。酸菜醃製過程中酵母菌之分離、鑑定及特性測定。食品科學 19(1):94-107。

Study on the Manufacturing of Low-Salt Pepper Paste[1]

Shu-Chin Lo[2,4] and Pao-Chuan Hsieh[3]

Summary

Lo, S. C. and P. C. Hsieh. 2005. Studies on the manufacturing of low-salt pepper paste. J. Taiwan Agric. Res. 54:135-149.

This study investigated the effect if different treatments on decrease of salt content in traditional pepper paste. The results revealed that for all concentrations, only the treatment amended with 12% NaCl protected pepper paste from spoiled, but longer fermentation time is required. For lower amount of salt （6%）, although fermentation time was shortened , but the pepper paste became spoiled quickly. Different additives resulted in different taste flavor. Amendment of alcohol generated similar flavor as amendment of yeast *Saccharomyces rouxii*. Adding lactic acid also generated similar flavor as adding *Pediococcuss soya* which is a lactic acid production bacteria. As a whole, above four treatments had better flavor. The spoiled pepper paste treatment had higher titrable acidity, lower pH value and darker color. The unspoiled treatment had brighter color and lower concentration of microbes. Especially, those treated with phosphoric acid and acetic acid especially had gorgeous color. After fried, the unspoiled treatment with alcohol additive had higher scores on evaluation and is preferred most by panel.

Key words: Pepper paste, Low-salt, Fermentation.

---

1. Contribution No.2233 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: April 23, 2004.
2. Research Assistant, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor, Department of Food Science, National Pingtung University of Science and Technology, NeiPu, Pingtung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: shuchin@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23302805

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:150~161 (2005)

水稻田二氧化碳吸存量之研究 [1]

姚銘輝[2,3] 陳守泓[2]

摘 要

姚銘輝、陳守泓。2005。水稻田二氧化碳吸存量之研究。台灣農業研究 54:150-161。

水稻田的二氧化碳對於溫室氣體的平衡佔有重要角色。本研究利用鮑溫比/能量平衡系統直接量測水稻田之二氧化碳平衡。結果顯示，水稻一期作之平均二氧化碳吸存量為 22.0 g m^{-2} day^{-1}，二期作為 17.9 g m^{-2} day^{-1}。吸存量受期作之葉面積指數影響，指數大則固定二氧化碳量多。土壤二氧化碳通量受土壤含水量影響，但在湛水環境則通量可忽略。比較不同量測二氧化碳吸收量的方式，和鮑溫比/能量平衡系統比較，密閉方式可能會有低估情形，尤其是在高光環境。

關鍵詞：氣候變遷、溫室氣體、水稻、CO_2 通量、鮑溫比/能量平衡系統。

前 言

近年之氣候變遷主因係燃燒石化原料產生 CO_2 所致，如何降低 CO_2 排放量已為全球關注之焦點。以全球尺度 CO_2 平衡而言，有所謂 “missing sink” (Schimel *et al*. 1995)，意即對部分碳積存的去向並不清楚。雖然針對這方面已有相當多研究(Fan *et al*. 1998；Schmid *et al*. 2000)，但仍有許多不確定因素無法考量，因此各國紛紛建立長期觀測碳通量的網狀研究，例如歐洲之 Euroflux (Valentini *et al*. 1996)及美國之 Ameriflux (http://www.esd.ornl.gov/programs/NIGEC/esiplan.html)。我國在碳平衡方面的研究集中在森林地區，而佔 80 萬公頃之農田則研究甚少，雖然農地之耕種時期較短且作物種類較多，但佔 35 萬公頃之水稻田則有較一致的種植順序。一、二期作水稻配合冬季裡作 (如油菜、田菁)，所以就 CO_2 的釋放及吸收而言，較不受作物種類更迭的影響。農作物日間行光合作用消耗 CO_2，夜間則釋出 CO_2，全天的淨 CO_2 通量是評估農田吸存量的重要數據。同時，農田和森林植物的差別在於前者有灌溉及施肥等耕作行為，這對於 CO_2 的增量或減量有重要影響，其中特別是土壤狀態影響最大。Raich ＆ Potter (1995)以全球尺度估算土壤之 CO_2 釋出量為 77×10^6 GgC per year，這大約是工業化所產生 CO_2 的 10 倍(Schlesinger ＆ Andrews 2000)，因此在探討溫室氣體減量的同時，也應重視農田在減量潛力的重要性。

農田 CO_2 通量的來源可分為三部份，包括植株葉片因光合作用對 CO_2 之吸收、土壤根部或微生物之呼吸量及植株地上部之呼吸量。農田耕作方式對於 CO_2 的吸收及釋放有影響，尤其水稻栽培在生

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2234 號。接受日期：94 年 8 月 1 日。
2. 本所農業工程組副研究員與聘用人員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：mhyao@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23331673。

育期過程中，除分櫱期屬於晒田外，其餘時間皆處於湛水狀態。Sanchez *et al.* (2003)以大麥植冠(canopy)量測結果指出，土壤溼度對土壤 CO_2 釋出影響極大。Miyata *et al.* (2000)則認為水稻非湛水較湛水狀態在夜間 CO_2 釋出量高，而白天非湛水卻較湛水低 33%，主要原因是非湛水由土壤 CO_2 向上釋放量高所致，而全天非湛水 CO_2 吸收量為 14. 5 g CO_2 m^{-2}，湛水為 29.8 g CO_2 m^{-2}。雖然該篇量測詳盡，但僅限於一周的資料，缺乏對水稻整個生育期的瞭解。

水稻田 CO_2 吸存量研究可用不同方式進行，但每一種量測方式都有其優點及限制條件。Chen *et al.* (2001)曾針對我國水稻生育期及連作的 CO_2 吸存量作探討，不過研究方式是以壓克力箱封閉系統。利用氣象觀測方式之量測可作長期且大面積監測，並且不破壞田區完整性，是值得嘗試的方法。鮑溫比/能量平衡(Bowen Ratio／Energy Balance；BREB)系統可長期置於田間，直接量測田區之 CO_2 通量周年變化，而許多研究也證明該系統可成功量測 CO_2 通量(Dugas *et al.* 1999；Sims ＆ Bradford 2001；Emmerich 2003)。本研究即探討於田開放性環境下直接量測 CO_2 通量的可行性，利用 BREB 系統作為量測工具，直接量測水稻植冠(canopy)上方垂直 CO_2 通量，進行水稻田周年 CO_2 通量量測，以作為氣候變遷因應策略評估參考依據外，同時探討水稻田之水分管理措施對 CO_2 減量之影響。

材料與方法

將 BREB 系統 (023／CO_2 System, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA)架設於農委會農業試驗所農場 (圖 1)。量測項目包括淨輻射量(net radiation)、土壤熱流(soil heat flux)、潛熱(latent heat)、可感熱(sensible heat)、鮑溫比(Bowen ratio)及二氧化碳通量(CO_2 flux)等。該系統將紅外線 CO_2 偵測器(Li-6262, Licor, Inc., Lincoln, NE, USA)設定為差分(differential)模式，偵測不同高度偵測點之 CO_2 及水汽量，作為計算垂直通量梯度之基礎，同時由 76 μm 線徑之熱電偶線量測溫度通量，淨輻射計(Q7, REBS, Seattle, WA, USA)量測不同生育階段及氣象條件下之淨輻射量，土壤熱流板(HFT3, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA)則量測地面向下之能量項，風速及風向以二維風速計量測(Model 0300l, R. M. Young company, Traverse city, MI, USA)，大氣溫濕度變化由溫濕度計量測(HMP45C, Vaisala Inc., Woburn, MA, USA)。所有感測器接於資料收集器 (23X datalogger, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA)。

通量計算是利用 Dugas *et al.* (1999)所述之方法。由水稻植冠上方 1.0 和 1.5 m 高度之溫度和濕度梯度差計算鮑溫比，其中可感熱則由鮑溫比計算而來。至於渦流擴散率(turbulent diffusivity)是假設熱、水汽和 CO_2 皆相同，每 20 分鐘計算可感熱通量和所量測之溫度梯度，CO_2 通量之平均值由水汽密度差(vapor density differences)作校正(Webb *et al.* 1980)，所用計算公式如下：

$$\mathrm{Fc} = kc\frac{PTi}{PiT}\frac{\Delta\rho Ci}{\Delta Z} + kc\frac{PTi}{PiT}\frac{Ma\rho ci}{Mv\rho ai}\frac{\Delta\rho vi}{\Delta Z}$$

其中，Fc：CO_2 通量密度，P：大氣壓力，Pi：LI-6262 之內部壓力值，T：大氣溫度，Ti：LI-6262 之內部溫度，ρci ：CO_2 密度，ρai ：乾空氣密度，ρvi ：水汽密度，小寫 i 表示以 LI-6262 設定之壓力和溫度計算之，kc：CO_2 渦流擴散率，Ma 和 Mv 分別為乾空氣及水汽之分子量，Z：高度。

水稻自插秧後利用光合作用分析儀(Li-6400, Licor, Inc., Lincoln, NE, USA)量測單一葉片之 CO_2 吸收量，並由植冠分析儀(canopy analyzer)(Li-2000, Licor, Inc. Lincoln. NE. USA)量測田區之葉面積指數，由單葉光合作用速率及葉面積指數的乘值估算整個田間葉片吸收 CO_2 總量。另每週將水稻地上部取樣、稱重及烘乾，以瞭解各器官乾物重累積情形。

圖 1. 水稻田架設之鮑溫比/能量平衡系統。

Fig. 1. The Bowen ratio / energy balance system in paddy field.

土壤 CO_2 的釋出量則分別在不同水分狀態下進行量測，利用土壤呼吸箱(Licor 6400-09, Inc., Lincoln, NE, USA)置於地面直接量測土壤的呼吸率，另由於土溫是呼吸率的函數，置土溫計 (TCAV, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA)及土壤溼度計(CS615, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA)於水田土面下，以長期記錄土壤水分狀態及溫度變化。

結　果

利用氣象觀測方式量測 CO_2 通量，要有適當的吹風距離(fetch)。本試驗在農業試驗所農場進行，供試田區為 0.5 公頃，試區周圍皆為水稻田，提供平整及均勻之量測環境。水稻種植品種為台農 67 號。93 年一期作水稻由 2 月 25 日插秧至 6 月 24 日收穫為止共 120 天；二期作由 7 月 29 日插秧至 11 月 16 日收穫為止共 111 天。一期作生育期間氣象條件屬高溫及少雨，累積降雨量為 302mm，較同期之歷年平均值 595mm 減少甚多，水田供水以灌溉方式為主；二期作生育期間初期遭遇多次豪雨，整個生育期累積降雨量為 672mm，較一期作之 302mm 高出甚多，但在水稻生育中、後期，除 10 月 25 日有 7mm 降雨外，其餘皆無降雨紀錄。

水稻生育性狀中以葉面積指數對二氧化碳吸存最為重要。圖 2 為一、二期作每週葉面積指數的變化，由於二期作生育初期因豪雨而生長不佳，葉面積指數最高值僅至 4.0，而一期作初期雖遇缺水情形，但因灌溉供水正常，且光照充足及溫度適當，指數可超過 5.0 以上。

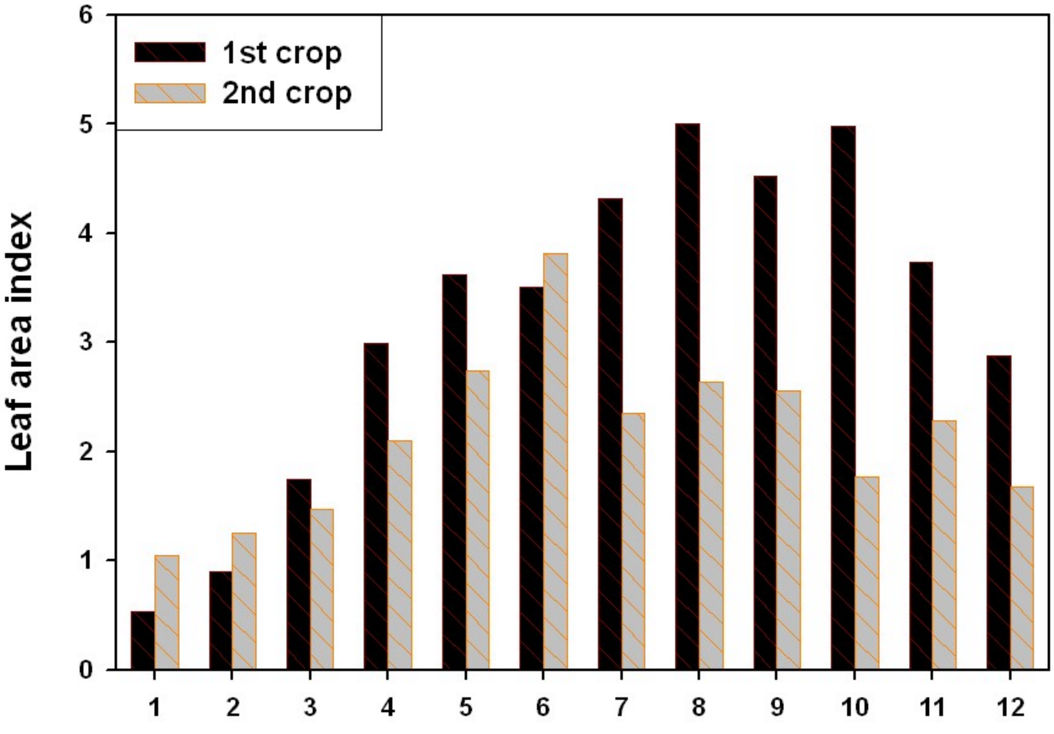


圖 2. 水稻一、二期作葉面積指數之變化。

Fig. 2. The seasonal changes change of leaf area index during the first and the second cropping seasons of 2004.

BREB 系統於插秧後四週內架設於試區中央位置，至水稻收割前停止收集資料。將 BREB 系統所量測資料依據生育階段劃分，就日變化而論，二氧化碳通量因夜間呼吸作用而略為下降，至太陽光照後，群落上方之二氧化碳通量迅速上升，每一生育階段因葉面積多寡而會有不同二氧化碳固定量，圖 3 所示為一期作水稻每一生育階段最高固定量之日變化。如果換算為每日淨量計算，則分蘗初期(葉面積指數為 2)固定量為 5.3 g m^{-2} day^{-1}；分蘗盛期(葉面積指數為 3.5)固定量為 20.7 g m^{-2} day^{-1}；而最高量出現在水稻孕穗期(葉面積指數為 5)，固定量可達 59.6 g m^{-2} day^{-1}，之後葉片逐漸老化，水稻乳熟期(葉面積指數 4)之固定量為 12.5 g m^{-2} day^{-1}。

水稻田二氧化碳的釋放來自於葉片、根及土壤之呼吸作用，利用光合作用分析儀之土壤同化箱(Licor 6400-09)量測不同水分含量之二氧化碳釋出量(圖 4)。實驗分為裸露土壤及分蘗盛期之水稻田土壤，當土壤水分含量大於 0.4 m^3 m^{-3}，土壤上方有一層水膜存在，此時兩種土壤環境皆無法測出二氧化碳釋出量，代表水膜會阻止土壤內二氧化碳往地上傳送，也就是水田在湛水環境可忽略地下之二氧化碳釋出量。但如果土壤無水膜存在時，則土壤二氧化碳釋出量會因根部呼吸而較裸露土壤為高，土壤水分含量在 0.1-0.3 m^3 m^{-3} 間有較高值，低於 0.1 m^3 m^{-3} 則會因乾旱而減少呼吸量。

整個水稻生育期間固定總量淨值，是由每日固定量累加而成，一期作水稻生育期共 120 天，但由於插秧初期屬湛水環境，且葉面積少，BREB 量測是由插秧後四週開始記錄，至收穫期為止共 82 天資料(圖 5)。植冠上方二氧化碳通量受生育階段及氣象條件影響，氣象條件主要為受太陽輻射量及溫度，兩者影響二氧化碳固定量。一期作量測初期溫度偏低，曾出現 16℃低溫，同時太陽輻射量甚低，二氧化碳固定量幾乎為 0，之後隨葉面積增加及溫度升高，固定量逐漸增加，但至生育後期因葉片老化，雖高溫及強光條件下固定量仍偏低，整個量測期間淨量(日間光合作用固定量扣減夜間呼吸量)為 1,804 gm^{-2}，即每日平均值為 22 gm^{-2}。

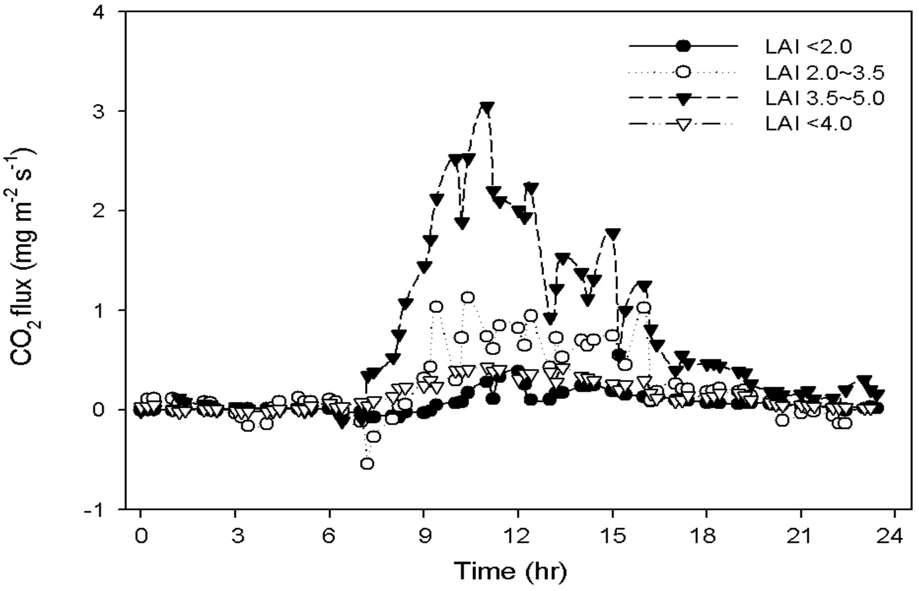


圖 3. 水稻生育期間不同葉面積指數之二氧化碳通量日變化。

Fig. 3. Diural changes of CO_2 flux in different leaf area indices during the growing period of rice.

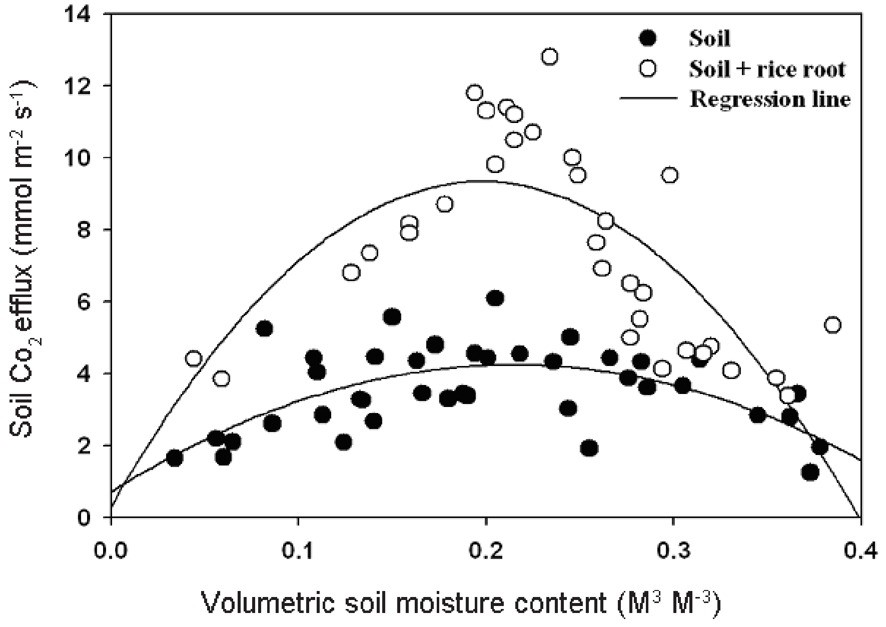


圖 4. 不同土壤環境之含水量和二氧化碳釋出量的關係性。

Fig. 4. The relationship between soil water content and CO_2 flux under different soil conditions.

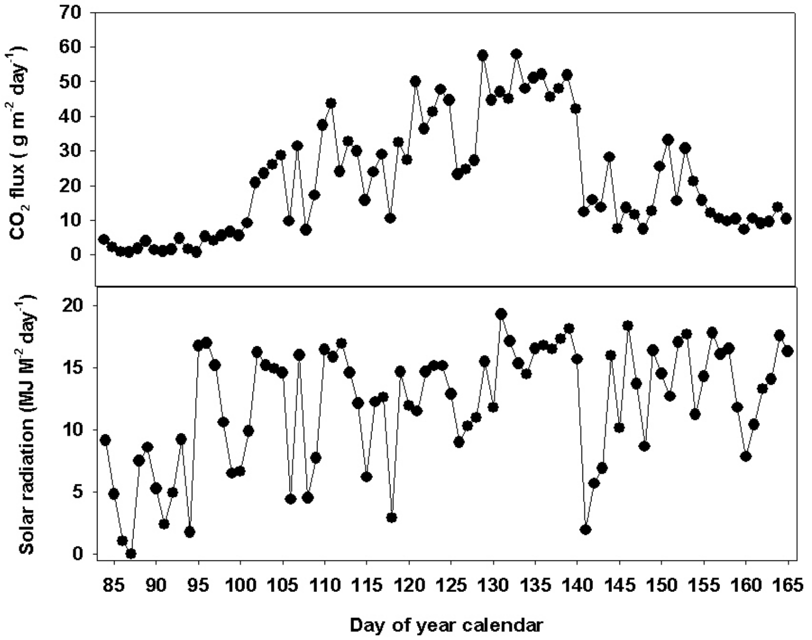


圖 5. 水稻一期作生育期間之二氧化碳通量及太陽輻射量之日變化。

Fig. 5. Daily changes of the CO_2 flux and solar radiation during the first cropping season of rice in 2004.

二期作由於生育氣象環境不佳，對於二氧化吸存量較一期作明顯偏低，分蘗盛期固定量之平均值，一期作為 20.7 g m^{-2} day^{-1}；二期作為 15.6 g m^{-2} day^{-1}；最高固定量在水稻孕穗期，一期作固定量可達 59.6 g m^{-2} day^{-1}，但二期作最高值僅達 30 g m^{-2} day^{-1}；之後葉片逐漸老化，一期作水稻乳熟期之固定量為 12.5 g m^{-2} day^{-1}，二期作則略高，約在 13.2 g m^{-2} day^{-1}，較高原因為二期作生育後期屬高溫高光之環境，有助於光合作用的進行，二氧化碳的吸存量也較高。二期作水稻生育期共 111 天，但因雷擊及豪雨致使資料有缺，9 月 8 日起才有完整資料，至 11 月 2 日之資料收集時間為 56 天，整個量測期間淨量(日間光合作用固定量扣減夜間呼吸量)為 1,004 g m^{-2}，即每日平均值為 17.9 g m^{-2}。

對於水稻二氧化碳固定速率可由不同尺度或量測方式作探討，本研究所用之 BREB 系統屬於開放式，適用於大面積量測之氣象方法，但相對於密閉式量測方法之差異為何？表 1 是比較由光合作用分析儀所測之二氧化碳固定率與 BREB 所量測之差異，量測時間為上午 10 點至 12 點之資料，BREB 為每 20 分鐘一筆資料之平均值，光合作用分析儀則取 15 筆成熟葉之量測平均值。在不同光強條件下，由光合作用速率所估算之二氧化碳固定率較 BREB 量測值低，尤其光度越強，兩者的差異越大。本研究也曾利用 Chen *et al.* (2001)所建立之系統，利用壓克力箱量測稻株之二氧化碳固定率，數值也同樣偏低(資料未顯示)。顯然，量測方式對於氣候變遷二氧化碳吸存量之評估會有相當大影響。

討　論

田間表面和大氣間之能量、水汽及碳素的傳動是土壤-作物-大氣連續過程中最基本物理量，而作物生產即是將大氣中礦化之碳素，以氣體 CO_2 方式轉為有機碳水化合物。Campbell & Norman (1998)認為空氣中渦流(turbulent)混合和傳送使作物碳素之供應能源源不絕，同時也將作物植冠周圍的水汽移除，也就是說，在作物植冠表面邊界層(boundary layer)之渦流傳送影響可感熱和潛熱通量，也控制著蒸發散量和群落溫度。渦流共變法(eddy covariance method)可說是量測通量的最佳方法 (Ham & Heilman 2003)，BREB 方法則屬於一種間接量測通量的方式，仍有些誤差(Sinclair *et al.* 1975)，然而許多研究已成功的量測 CO_2 通量(Emmerich 2003)。BREB 在夜間量測 CO_2 通量有些困難，特別是當大氣條件穩定，及熱和水汽的擴散不等時，但 Frank *et al.* (2002)用 BREB 測夜間 CO_2 通量，認為僅略

表 1. 比較二氧化碳固定率之差異，資料由 BREB 系統及光合作用分析儀之二氧化碳交換速率計算而來
Table 1. Comparisons of CO_2 fixation rates calculated by using portable photosynthezer close chamber and BREB system methods

DOY[z]	PAR[y] (μmol m^{-2} s^{-1})	PHS[x] (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1})	LAI[w] (m^2m^{-2})	CO_2 fixation rate (mg $m^{-2}s^{-1}$)	
				CO_2－PHS	CO_2－BREB
109	753±12	26.7±3.5	1.12±0.08	0.30±0.06	0.56±0.09
115	1343±21	32.1±3.1	1.62±0.12	0.52±0.08	1.37±0.10
118	136±25	7.5±1.8	2.10±0.15	0.16±0.08	0.20±0.05
122	1245±31	32.2±2.3	2.80±0.09	0.90±0.07	1.54±0.08
125	968±24	22.7±2.7	3.18±0.19	0.72±0.10	0.93±0.11
129	845±15	22.4±2.0	3.52±0.21	0.79±0.06	1.10±0.07
132	830±16	23.7±3.2	3.80±0.25	0.90±0.08	1.45±0.07

[z] DOY : day of year calendar.
[y] PAR：photosynthetically active radiation.
[x] PHS：photosynthesis rate.
[w] LAI：leaf area index.

低估夜間植物或土壤呼吸的損失。整個系統運作的維持需經過校正過程，校正包括由熱或水汽通量所引起之密度差異(Webb *et al.* 1980)，音波風速計和二氧化碳分析儀的位置(Moore 1986)及感測器的反應頻率(Massman ＆ Lee 2002)。事實上，通量測定自 1970 年代起開始發展(Desjardins ＆ Lemon 1974)，發展初期曾受限於儀器開發、購製成本及運算速度的限制，但至目前為止，技術上的問題已陸續受到解決。因此有大量針對不同量測環境或研究目的有關通量量測的文獻發表，這方面的進展也使農業研究者擺脫研究尺度的限制，由過去葉片、盆缽、小區群落至大面積田區的尺度，使研究成果更貼近實際作物生長。本研究利用 BREB 系統量測水稻田二氧化碳通量，可直接且長期監測田間開放環境下二氧化碳吸存量的動態變化，是探討溫室氣體議題的有利工具。探討不同量測方式間的差異，則有助於資料相互比較。表 1 為使用開放式及密閉式方法量測 CO_2 淨量的差異，由單葉或單株推估大面積 CO_2 淨值時，和 BREB 實測值會有差異，可能原因包括量測尺度及環境影響，以光合作用分析儀量測約 1 平方公分葉面積的變化量，雖可由葉面積指數推估大面積通量，但整個水稻生育氣象條件，包括土壤、空氣擾動及植株不均勻性等，皆會影響推估結果。而壓克力同化箱量測尺度是以單株變化為主，但密閉環境包括水汽、溫度和 CO_2 濃度皆和實際田間數值差異甚大。表 1 結果說明密閉式和開放式量測結果，前者有低估現象。

當進行氣候變遷評估溫室氣體吸存或排放時，必須建立模式才能依據水稻生育條件進行模擬。事實上，就作物本身碳素的平衡，包括 CO_2 吸收(光合作用)及 CO_2 釋放(呼吸作用)兩項。但呼吸作用方面的研究明顯少於光合作用，主要原因包括測定困難(Amthor ＆ Baldocci 2001)及模式化觀念上受限制(Choudhury 2001)。因此，在預測碳素平衡過程中，必須採用充滿不確定的呼吸作用估算值(Högberg *et al.* 2001)。呼吸作用對溫度極為敏感，但光合作用相對較不敏感(Amthor 1989)，這暗示兩者屬於獨立通量。目前利用 BREB 系統所量測僅限於觀測地點的變化，若要建立水稻田二氧化碳排放或吸存清冊估算與基線建立時，仍需要透過模式的建立才能做大面積的估算，因如果以通量量測 CO_2 變化量，僅有淨量而無法區分葉片之光呼吸或光合作用的比例。光合作用部分目前已有多種模式可供利用，但有關呼吸所排放出 CO_2 量的估算，仍有必要進行更精確的模式化工作。

至於土壤 CO_2 釋放受土壤種類、土壤溫度、土壤溼度、降雨、植株光合作用及土壤受質分解之影響，但水田土壤在水稻生育期間除短期乾燥(曬田期)外，其餘皆呈湛水狀態，即在土壤表面有一層深淺不同之水膜，事實上，CO_2 在水中傳送速率僅為空氣中的千分之一(Weast 1986)。本研究利用同化箱量測湛水之土壤 CO_2 通量數值甚低， Miyata *et al.* (2000)也獲得相同結果，即湛水時之土壤 CO_2 通量可忽略不計。但在非湛水情況下，圖 4 說明不同土壤水分含量之土壤 CO_2 通量，當土壤呈乾燥或潮濕兩種極端時，土壤 CO_2 通量較低。有機質分解速率因乾旱缺水而減緩，由土壤向上排放 CO_2 量減少；過濕則因有水膜會阻擋氣體擴散，因而在土壤水分含量為 0.2 $m^3\ m^{-3}$ 時，土壤 CO_2 通量最高，尤其加上水稻根部呼吸作用，通量值可達 10 μmol $CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ 以上。土壤 CO_2 通量可由土壤溫度及溼度模式化(Da Rocha *et al.* 2000)，然而植物根部呼吸作用卻難以量化，但因水稻大多時間是以湛水生長，土壤 CO_2 通量就整體吸存量而言，並不需要特別探討。

本研究實際量測水稻一、二期作水稻對固碳能力的差異(圖 5 及圖 6)，及水稻不同生育期之二氧化碳吸存量(圖 3)，顯示作物群落上方之 CO_2 通量值受作物種植、土壤環境及微氣象條件的影響。Miyata *et al.*(2000)探討水稻田排水前後之 CO_2 通量值變化，指出湛水會阻礙土壤 CO_2 通量的傳送，使日淨吸存量較非湛水處理約增加 1 倍外，土壤水分多寡也影響氣孔敏感度，間接可解釋水稻田 CO_2 的平衡。當然，CO_2 吸收淨值也受作物本身光合作用能力影響，本研究中水稻最高日吸存量為 59.6 g m^{-2} day^{-1}，但 C_4 型之玉米則高達 80 g m^{-2} day^{-1} (Pattey *et al.* 2001)。

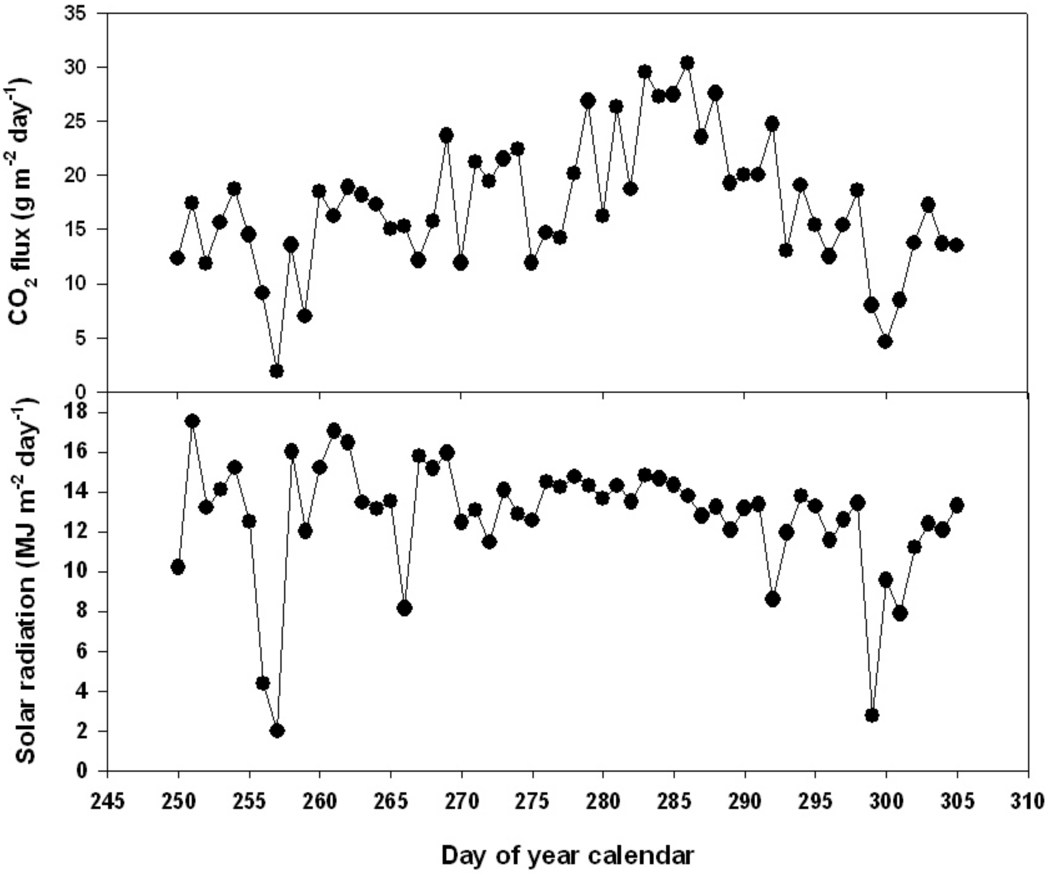


圖 6. 水稻二期作生育期間之二氧化碳通量及太陽輻射量之日變化。

Fig. 6. Daily changes of the CO_2 flux and solar radiation during the second cropping season of rice in 2004.

結 論

2005 年 2 月 16 日京都議定書生效，對於全球溫室氣體的排放控制更趨嚴謹，高污染產業則面臨經濟制裁，而對於農業生產過程二氧化碳吸存量之探討，有助於釐清農業在溫室氣體排放的比重。此外，國內尚未有針對大面積農田進行長期觀測的資料，本研究有助於對此部份的瞭解，同時能提供氣候變遷衝擊評估相關研究的參考。而所建立之 BREB 系統也可運用在不同作物生長環境之 CO_2 通量偵測，能擴及旱田、森林及棲地植物等，對於我國 CO_2 總量評估具有助益。

誌 謝

本研究承國科會永續會計畫 (NSC93-EPA-Z-002-008)經費支持，特申謝忱。

引用文獻

Amthor, J. S. 1989. Respiration and Crop Producticity. Springer, New York, 215 pp.

Amthor, J. S. and D. D. Baldocchi. 2001. Terrestrial higher plan respiration and net primary production. p.33-59. *in*：Terrestrial Global Productivity. (Roy, J., B. Saugier, and H. D. Mooney, eds.) Academic Press, London.

Campbell, G. S. and J. M. Norman. 1998. Introduction to Environmental Biophysics. 2nd ed. Springer-Verlag, New York. 300 pp.

Chen, H. W., J. H. Yen, R. S. Chung, C. H. Lai, S. S. Yang, and Y. S. Wang. 2001. Carbon dioxide flux density in cultivated rice paddy field. Proc. Natl. Sci. Counc. 25:239-247.

Choudhury, B. J. 2001. Modelling radiation- and carbon-use efficiencies of maize, sorghum, and rice. Agric. For. Meteorol. 106:317-330.

Da Rocha, H. R., O. M. R. Cabral, M. A. F. Da Silva Dias, M. A. Ligo, J. A. Elbers, H. C. Freitas, C. Von Randow, and O. Brunini. 2000. Atmospheric CO_2 flux and soil respiration measurements over sugarcane in Southeast Brazil. p. 405-414. *in*: Global climate change and tropical ecosystems. (Kimble, J. M. and B. A. Stewart, eds.) CRC Press, England.

Desjardins, R. L. and E. R. Lemon. 1974. Limitation in the eddy covariance technique for determination of the carbon dioxide and sensible heat flux. Boundary-Layer Meteorol. 5:475-488.

Dugas, W. A., M. L. Heuer, and H. S. Mayeux. 1999. Carbon dioxide fluxes over bermudagrass, native prairie, and sorghum. Agric. For. Meteorol. 93:121-139.

Emmerich, W. E. 2003. Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. Agric. For. Meteorol. 116:91-102.

Fan, S., Gloor, M., J. Pacala, S. Sarmiento, J. Takahashi, and T. Tans. 1998. A large terrestrial carbon sink in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and model. Science. 282:442-446.

Frank, A. B. 2002. Carbon dioxide fluxes over a grazed prairie and seeded pasture in the Northern Great Plains. Environ. Pollut. 116:397-403.

Ham, J. M. and J. L. Heilman. 2003. Experimental test of density and energy-balance corrections on carbon dioxide flux as measured using open-path eddy covariance. Agron. J. 95:1393-1403.

Högberg, P., A. Nordgren, N. Buchmann, A. F. S. Taylor, A. Ekblad, M. N. Högberg, G. Nyberg, M. Ottosson-Löfvenius, and D. J. Read. 2001. Large－scale forest gridling shows that current photosynthesis drives soil respiration. Nature 411:789-792.

Massman, W. J. and X. Lee. 2002. Eddy covariance corrections and uncertainties in long-term studies of carbon and energy exchanges. Agric. For. Meteorol. 113:121-144.

Miyata, A., R. Leuning, T. D. Denmead, J. Kim, and Y. Harazono. 2000. Carbon dioxide and methane fluxes from an intermittently flooded Paddy field. Agric. For. Meteorol. 102:287-303.

Moore, C. 1986. Frequency response corrections for eddy correlation systems. Boundary Layer Meteorol. 37:17-35.

Pattey, E., I. B. Strachan, J. B. Boisvert, R. L. Desjardins, and N. B. McLaughlin. 2001. Detecting effects of nitrogen rate and weather on corn growth using micrometeorological and hyperspectral reflectance measurements. Agric. For. Meteorol. 108:85-99.

Raich, J. W. and C. S. Potter. 1995. Global patterns of carbon dioxide emissions from soil. Global Biogeochem. Cycles 9:23-26.

Sanchez, M. L., M. I. Ozores, M. J. Lo'pez, R. Colle, B. DeTorre, M. A. Garcia and I. P'erez. 2003. Soil CO_2 fluxes beneath barley on the central Spanish plateau. Agric. For. Meteorol. 118:85-95.

Schlesinger, W. H. and J. A. Andrews. 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistry 48:7-20.

Schimel, D., I. Enting, M. Heimann, T. Wigley, D. Raynaud, D. Alves, and U. Siegenthaler. 1995. CO_2 and carbon cycle. p. 35-71. *in*: Climate Change 1994：Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios. (Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, J. Bruce, H. Lee, B. A. Callander, E. Haites, N. Harris, and K. Maskell, eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y, USA.

Schmid, H. P., C. Susan, B. Grimmond, F. Cropley, B. Offerle and H. B. Su. 2000. Measurements of CO_2 and energy fluxes over a mixed hardwood forest in the mid-western United States. Agric. For. Meteorol. 103：357-374.

Sims, P. L. and J. A. Bradford. 2001. Carbon dioxide fluxes in a southern planes prairie. Agric. For. Meteorol. 109:117-134.

Sinclair, T. R., Jr. L. H. Allen, and E. R. Lemon. 1975. An analysis of errors in the calculation of energy flux densities above vegetation by a Bowen ratio profile method. Boundary-Layer Meteorol. 8:129-139.

Valentini, R., P. de Angelis, G. Matteucci, R. Monaco, S. Dore, and G. E. Scarascia Mugnozza. 1996. Seasonal net carbon dioxide exchange of a beech forest with the atmosphere. Global Change Biol. 2:199-207.

Weast, R. C. 1986. Handbook of chemistry and physics. CRC press, Boca Raton. FL. 716 pp.

Webb, E. K., G. I. Pearman, and R. Leuning. 1980. Correction of flux measurement for density effect due to heat and water vapor transfer. Q. J. R. Meteorol. Soc. 106:85-100.

Studies on the Absorption and Emission of Carbon Dioxide in Paddy Field[1]

Ming-Hwi Yao[2,3] and Shou-Hung Chen[2]

Summary

Yao, M. H. and S. H. Chen. 2005. Studies on the absorption and emission of carbon dioxide in paddy field. J. Taiwan Agric. Res. 54:150-161.

The uptake of carbon dioxide in rice paddies may play an important role in balancing the budget of greenhouse gases, but there is considerable uncertainty in the magnitude of the net fluxes from the related ecosystems.The Bowen ratio/energy balance (BREB) technique was used to measure CO_2 fluxes over a paddies field site at Wufeng, Taichung. As a result, the average net daily CO_2 uptake in first crop was 22 g m^{-2} day^{-1}, while it was 17.9 g m^{-2} day^{-1} in second crop. Differences in the CO_2 budget between the two growing seasons are due mainly to the different leaf area index (LAI). The peak LAI coincided with peak net CO_2 fluxes during growing periods. Soil CO_2 flux was found responsive to changes of soil water content. However, CO_2 exchange rate can be neglected in the submerged soil. In addition, when comparing the carbon gain measured in the chamber system and open-path system, the closed environment was found underestimated, specially under high light condition.

Key words: Climate change, Greenhouse gas, Rice, CO_2 flux, Bowen ratio/energy balance (BREB) system.

---

1. Contribution No.2234 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: August 1, 2005.
2. Respectively, Associate Researcher and Assistance, Agricultural Engineering Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: mhyao@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23331673.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:162~168 (2005)

賜諾殺濃餌劑在番石榴園防治東方果實蠅（雙翅目：果實蠅科）之效果評估[1]

何坤耀[2,5]　洪士程[3]　陳健忠[4]

摘　要

何坤耀、洪士程、陳健忠。2005。賜諾殺濃餌劑在番石榴園防治東方果實蠅（雙翅目：果實蠅科）之效果評估。台灣農業研究 54:162-168。

利用 0.02%賜諾殺濃餌劑（稀釋 8 倍，每週噴施 1 次，每株噴 4 大點，每大點約 5 ml）在斗六番石榴園進行誘殺試驗結果顯示防治東方果實蠅（*Bactrocera dorsalis* (Hendel)）效果顯著，連續施用 3 次後即能顯著降低第二期果之果實被害率及被害度，分別從施藥前之 100 及 95.2%降至施藥後之 33.9 及 16.2%。施用 7 次後第一期果及第二期果之平均防治率分別為 60.9 及 65.9%，較對照之蛋白質水解物 Nulure 餌劑（37.1 及 48.0%）為佳，如以被害度求算防治率則其防治效果更顯著。然賜諾殺濃餌劑之誘殺效果會受試驗區之間隔、環境及天候影響，宜採共同防治效果更佳，若逢下雨則應於雨後再補施 1 次。另外，此餌劑較不適宜以網袋包法在田間懸掛誘殺。

關鍵詞：賜諾殺餌劑、番石榴、誘殺、東方果實蠅。

前　言

東方果實蠅（*Bactrocera dorsalis* (Hendel)）受到整體氣溫微升、外來果樹及廢棄果園之增加等諸多因素，近年來在台灣有持續猖獗發生情形（朱 2000）。由於大量使用農藥所引起的害蟲抗藥性、農產品殘留毒等問題已引起社會普遍的關心，故有效的誘引物質如蛋白質水解物及糖蜜等之研究與應用（陳 1990；劉 & 黃 2000），已成為未來東方果實蠅綜合管理之重要策略（何 2003）。

Steiner 氏（1952）曾報導在夏威夷噴佈蛋白質水解物毒餌有效誘殺東方果實蠅雌雄蟲，近年來台灣大量使用含毒甲基丁香油來誘殺雄蟲，但未能達到如當年日本在琉球施行滅雄法之成效（Koyama *et al*. 1984）。蛋白質水解物毒餌雖列於農委會審定的植物保護手冊中，被推薦用在東方果實蠅之防治上，然其田間實際防治效果在國內外均少有人加以評估（黃等 2002；Bateman & Morton 1981）。將蛋

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2235 號。接受日期：94 年 8 月 12 日。
2. 本所嘉義分所植保系副研究員。臺灣　嘉義市。
3. 本所嘉義分所植保系助理研究員。臺灣　嘉義市。
4. 本所應用動物組研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。
5. 通訊作者，電子郵件：kunyawho@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2773630。

白質水解物或糖蜜等裝置於半開放之麥氏誘殺器（陳等 2001；Gazit *et al*. 1998）或其他誘引器內，在田間之誘引效果皆不理想（朱等 1996；何等 2004）。在果實蠅之誘殺試驗中，其效果往往會受環境因子影響（黃 1997；程 & 李 1998）如毒餌放置處所距離較長或出現大規模的蟲源侵入時均會降低原有之誘殺效果（岩橋 1984）。故於選定試驗田及試驗設計時，宜先考慮試區周圍環境的獨立性及懸掛毒餌距離間隔等問題。

本報告對賜諾殺濃餌劑之誘殺效果進行評估，除以蛋白質水解物（Nulure）作為對照比較外，亦探討以被害率或被害度估算防治率之精確性，並比較噴佈法與網袋包法（何等 2003）之效果及適用性。

材料與方法

試餌誘殺比較試驗

試區設置於雲林縣斗六市一處番石榴園（中山種）面積約 0.5 公頃，均分為三試驗處理區，每區供試番石榴約 80 株，另於距離約 2km 處選定同品種番石榴園約 0.17 公頃作為不施藥對照區。每區分成三小區重複，處理分為 0.02%賜諾殺濃餌劑（GF-120，道禮公司提供之 Spinosyn A 與 D 混合體），稀釋 8 倍及 5 倍（每公頃用藥量為 1L 及 1.6L）、蛋白質水解物 Nulure 稀釋 8 倍（美國米樂化學及肥料公司，每公頃用量亦為 1L，另加 25%馬拉松粉劑稀釋 100 倍）及不施藥對照區，試驗區及對照區均北鄰小面積柑桔園（東方果實蠅之寄主植物）。分別於 2004 年 3~5 月及 11~12 月（第一期果及第二期果）進行誘殺處理，以手提式（2L）噴霧器，將藥噴於植株下半部四個方位之葉片上（每方位各噴 1 大點，每大點約噴 5 ml），每隔 7 天噴施 1 次，連續噴 7 次。於每次噴藥前當天及第七次噴藥後 7 天，逢機調查每小區中間 100 粒近成熟果實之被害果數，記錄被害率（被害率即被害果數除以 100）。另於第二期果調查被害度及防治率，被害度依果實上之產卵孔數分成 6 個等級，亦即 1 孔為 1 級，2 孔為 2 級，5 孔為 5 級，6 孔及 6 孔以上為 6 級（何 2003）。被害度及防治率之計算公式如下：

$$\text{被害度(\%)} = \frac{\Sigma(\text{被害等級} \times \text{該等級被害果數})}{6 \times \text{調查果數}} \times 100$$

$$\text{防治率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{處理區施藥後被害率(度)} \times \text{對照區處理前被害率(度)}}{\text{處理區施藥前被害率(度)} \times \text{對照區處理後被害率(度)}}\right) \times 100$$

網袋包法誘殺效果比較試驗

處理組係將 0.02%賜諾殺濃餌劑及蛋白質水解物 Nulure 餌劑均稀釋 8 倍（如前述），以同樣大小（約 4.5×4.5×0.9 cm）之纖維板及棉花片當載體，每板片各吸附 16 ml 藥劑，另以 200g 成熟中山種番石榴果實及白紙團作為誘引對照。將上述各處理之試驗材料置於 32 目尼龍紗網袋內，外罩黃色粘紙（22×22 cm），懸掛於人心果園中之植株上，距地面高約 1m。每處理 2 重複，依次作環狀排列，各網袋包相距約 10m。每週調查計算各網袋包粘紙上所誘集之雌雄蟲數，及輪換網袋包之位置，連續調查 6 週。

統計分析

先將被害率及被害度（%）以 Sin^{-1} 轉角，蟲數則以 $\sqrt{x+0.1}$ 轉換後，再以鄧肯氏多變域分析法比較各平均值顯著水準 5%下之差異顯著性。

結　　果

毒餌誘殺第一期果被害率

第一期（3~5 月）番石榴果實被害果率如表 1，其中處理前各試區被害情形相當嚴重，除對照區外各試區之被害率皆達 100%。施藥兩週後由誘殺處理區與對照區被害果率比較已有顯著降低，三週以後效果更明顯，此種顯著效果一直維持至第五週。第六週時，試區被害率開始增高，至第七週調查，除賜諾殺 8 倍之試區維持較低外，其他各區皆很高（大於 90%）。7 次施藥處理之平均被害果率，以賜諾殺餌劑稀釋 8 倍及 5 倍（39.1 及 43.7%）為最低，Nulure 餌劑稀釋 8 倍（63.8%）次之，而對照區（96.7%）則為最高，三者間均有顯著差異，然賜諾殺稀釋 8 倍或 5 倍間並未有顯著差異。

毒餌誘殺第二期果被害率

第二期（11~12 月）果被害率之調查結果如表 2，雖然此時期東方果實蠅之密度已顯著降低，但是處理前之被害果率都是 100%。兩週後各處理區之被害率亦已顯著降低，此種效果一直維持到第七週。平均誘殺 7 週的被害果率，與第一期果相似，亦以賜諾殺濃餌劑最低，其次為 Nulure，而無施藥對照區仍高達 99.4%，其中賜諾殺二處理間亦無顯著差異。

毒餌誘殺第二期果被害度

複將第二期果依被產卵孔數之等級而求得之果實被害度列於表 3，於誘殺第一週後，賜諾殺二處理區平均被害度即已分別降至 53.2 及 57.7%，第二、三週則分別為 29.0、36.7 及 10.6、20.0%。最後三週二處理均維持在 5%以下，而 7 週之總平均僅為 16.2 及 18.3%。被害度降低之趨勢與被害率約略相同，但由被害度之比較更能顯現出餌劑處理對果實蠅的防治效果。

以被害率計算防治率

第一、第二期果以果實被害率估算之防治率列於表 4，顯示防治率之昇高與表 1、2 中被害果率降低之趨勢相對應。第一、二期果在前二週之防治率稍微偏低未顯現效果，第三週後在賜諾殺 8 倍試

表 1. 番石榴試區 2004 年第一期果受東方果實蠅為害之被害率
Table 1. Percentage of fruit damaged by the Oriental fruit fly in guava orchards in the first fruiting season, 2004

	Weekly fruit damaged (%) [z]								
Treatment	Before	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	Av(wk1-7)
0.02% Spinosad 8-fold (1.0 L/ha)	100 a	85.7 a	57.3 b	12.7 c	11.0 b	13.7 c	22.0 c	71.0 b	39.1 c
0.02% Spinosad 5-fold (1.6 L/ha)	100 a	80.7 a	52.0 b	18.3 c	12.0 b	10.7 c	39.7 c	92.7 a	43.7 c
Nulure 8-fold + 25% Malathion 100-fold	100 a	89.3 a	77.3 b	50.3 b	27.0 b	31.7 b	74.0 b	96.7 a	63.8 b
Check (no bait applied)	94.7 a	87.3 a	95.7 a	96.3 a	97.7 a	99.7 a	100 a	100 a	96.7 a

[z] Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

表 2. 番石榴試區 2004 年第二期果受東方果實蠅為害之被害率
Table 2. Percentage of fruit damaged by the Oriental fruit fly in guava orchards in the second fruiting season, 2004

	Weekly fruit damaged (%) [z]								
Treatment	Before	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	Av(wk1-7)
0.02% Spinosad 8-fold (1.0 L/ha)	100 a	82.7 c	60.0 b	31.7 c	21.7 b	13.3 c	11.0 c	17.0 b	33.9 c
0.02% Spinosad 5-fold (1.6 L/ha)	100 a	80.0 c	62.7 b	46.0 bc	28.3 b	14.0 c	6.7 c	9.7 b	35.3 c
Nulure 8-fold + 25% Malathion 100-fold	100 a	93.3 b	85.0 ab	54.3 b	38.0 b	33.7 b	32.0 b	25.7 b	51.7 b
Check (no bait applied)	100 a	100 a	100 a	98.0 a	99.0 a	100 a	98.7 a	100 a	99.4 a

[z] Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

表 3. 番石榴試區 2004 年第二期果受東方果實蠅為害之被害度
Table 3. Degree of fruit infested by the Oriental fruit fly in guava orchards in the second fruiting season,2004

Treatment	Weekly degree of fruit infested (%) [z]								
	Before	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	Av(wk1-7)
0.02% Spinosad 8-fold (1.0 L/ha)	95.2 a	53.2 c	29.0 b	10.6 c	6.6 b	4.6 b	4.5 b	4.9 b	16.2 c
0.02% Spinosad 5-fold (1.6 L/ha)	99.7 a	57.7 bc	36.7 b	20.0 bc	6.6 b	3.2 b	1.5 b	2.0 b	18.3 bc
Nulure 8-fold + 25% Malathion 100-fold	99.4 a	78.1 b	58.7 ab	27.5 b	11.8 b	11.5 b	9.5 b	9.1 b	29.5 b
Check (no bait applied)	89.7 a	98.1 a	80.5 a	92.6 a	89.5 a	91.3 a	94.3 a	98.2 a	92.1 a

[z] Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

表 4. 以被害果率求得之防治率
Table 4. Control rate calculated from the percentage of fruit damaged

Fruiting season	Treatment	Weekly control rate (%) [z]							
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	Av(wk1-7)
First	0.02% Spinosad 8-fold (1.0 L/ha)	7.3	43.2	87.6	89.3	87.1	79.2	32.8	60.9
	0.02% Spinosad 5-fold (1.6 L/ha)	12.8	48.5	81.9	88.4	89.9	62.5	12.4	56.6
	Nulure 8-fold + 25% Malathion 100-fold	3.2	23.4	50.5	73.8	70.0	30.0	8.6	37.1
Second	0.02% Spinosad 8-fold (1.0 L/ha)	17.4	40.0	67.8	78.2	86.2	88.8	83.0	65.9
	0.02% Spinosad 5-fold (1.6 L/ha)	20.0	37.4	53.1	71.3	86.0	93.3	90.4	64.5
	Nulure 8-fold + 25% Malathion 100-fold	6.6	15.0	44.5	61.6	66.4	67.5	74.4	48.0

[z] Means of 3 replications.

區之防治率已達 87.6 及 67.8%。之後，除第一期果後期之防治率受大雨之影響驟降外，大部分維持在 80%以上。平均七週被害程度顯示賜諾殺使用稀釋 5 倍的較高濃度並未能提高防治率，而 Nulure 蛋白質水解物效果略差。

以被害度計算防治率

以蟲孔之被害度計算第二期果之防治率列於表 5 中，與表 4 之結果相互比較，顯示以被害度求取之防治率皆較以被害果率求取者為高，最高者可達 4.3 倍。七週平均之賜諾殺餌劑稀釋 8 倍或 5 倍均為 1.3 倍，而 Nulure 為 1.5 倍，呈現隨調查週數增加而降低之趨勢，而各週 Nulure 處理區又高於賜諾殺試區。

網袋包法誘殺效果比較

網袋包法之 6 種處理中，除成熟番石榴誘餌組與對照組比較具有顯著較佳的誘雌及誘雄（5.5 及 12.5 隻）效果外（表 6），其他各組與白紙團（對照組）之間並無顯著差異。由此可知賜諾殺餌劑若採用定點懸掛法（以棉花片或纖維板當載體），其誘殺效果較不理想。

討　　論

由試驗結果可知，在斗六地區之番石榴園，於 2004 年 3 月間受東方果實蠅之為害已相當嚴重。因一般食物誘餌劑之誘殺範圍僅數公尺至 10~20m 之內，故必須經過 1~2 週，才能誘引在試區範圍附近活動之大部份雌蟲（何 2003），亦即此後才能顯現出防治效果。由表 1 中第一期果即能明顯看出第

表 5. 2004 年第二期果以被害度求得之防治率

Table 5. Control rate calculated from the degree of fruit infested in the second fruiting season, 2004

	Weekly control rate (%)							
Treatment	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	Av(wk1-7)
0.02% Spinosad 8-fold (1.0 L/ha)	48.9 (2.8) [z]	66.1 (1.7)	89.2 (1.3)	93.1 (1.2)	95.3 (1.1)	95.5 (1.1)	95.3 (1.1)	83.3 (1.3)
0.02% Spinosad 5-fold (1.6 L/ha)	47.1 (2.4)	59.0 (1.6)	80.6 (1.5)	93.4 (1.3)	96.8 (1.1)	98.6 (1.1)	98.2 (1.1)	82.0 (1.3)
Nulure 8-fold+25%Malathion 100-fold	28.2 (4.3)	34.2 (2.3)	73.2 (1.6)	88.1 (1.4)	88.6 (1.3)	90.9 (1.3)	91.6 (1.2)	70.7 (1.5)

[z] Number in parenthesis is the control rate calculated by the degree of fruit infested divided by the control rate calculated by the percentage of fruit damaged.

表 6. 賜諾殺與 Nulure 以網袋包法誘殺東方果實蠅效果比較

Table 6. Comparison of trapping effectiveness of Spinosad bait and Nulure in net-bags to the Oriental fruit fly

	No. of flies trapped / net bag / week (Mean±SD, n=12) [z]					
	Guava fruit	Spinosad bait		Nulure		Paper ball
Sex	Standard	Cotton pad	Fiber block	Cotton pad	Fiber block	Check
Female	5.5±6.7 a	1.7±2.0 ab	2.0±2.9 ab	1.0±1.3 b	1.8±2.3 ab	0.7±0.9 b
Male	12.5±17.4 a	4.3±7.4 abc	9.1±14.9 ab	0.9±1.5 c	3.4±4.6 abc	3.0±7.6 bc

[z] Means in a row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

三週以後賜諾殺餌劑之顯著效果，另對照處理 Nulure 組之效果亦佳。至第六週之調查效果均略降，乃因當時於施藥後逢雨，於第七週施後又逢大雨，導致連續兩週施用的藥劑被沖刷掉，田間果實蠅數量因而增加促使被害果率急速上昇。於此可知，使用賜諾殺濃餌劑，宜於果實成熟轉色前 2~3 週就要開始施藥，並每 7 天施 1 次，施藥後若逢下雨則應再補噴才能確保防治效果。

第二期果試驗期間雖然東方果實蠅之密度已降，但事實上在番石榴上之為害情形仍然相當嚴重。由於賜諾殺稀釋 8 倍及 5 倍兩種不同濃度皆能顯著降低被害率的試驗結果，證實其為一種有效的田間誘殺餌劑。此時期未逢下雨，又因外地入侵產卵的雌蟲亦少，故能維持較佳的誘殺效果。

依東方果實蠅之為害習性，當蟲源密度低（偶爾發現時）多分散產卵，每果通常只有 1~2 個產卵孔，當密度高時（例如每只甲基丁香油誘蟲器每週誘得雄蟲 100 隻以上）每果之被產卵孔數則可能高達數十孔，平均 19.4 孔（何 2003）。若只是根據被害果率來估算防治效果，則可能會被低估，例如防治後由於蟲源密度的降低，每一個果實之被產卵孔數已由原先之 6 孔以上（嚴重受害）降至 1~2 孔（輕微受害）。若依被害率算可能為 100%，然依被害度算則由 6 級降至 1~2 級，故在試驗評估防治效果時，被害度應可更精準的顯現出防治效果。

在表 4 中各試區防治率之增高亦約略相對符合於表 1、表 2 及表 3 中被害果率及被害度之降低趨勢。在施用 3 週後第一期果之防治率較第二期果者高，可能是因第二期果時之氣溫較低，蟲源較少及活動性低導致誘殺效果較慢，但後期之效果則仍能持續居高。又由第二期果之被害度計算得之防治率顯示（表 5），被害度更能精準的顯現防治效果。

在進行網袋包法誘殺試驗期間，適逢低溫而蟲源密度較少，因此各組每週平均所誘得之蟲數並不多，但由整體比較，賜諾殺濃餌劑還是不如番石榴果實網袋包之誘殺效果。由本試驗得知，利用點噴法（在每株葉片上噴佈 4 大點）賜諾殺濃餌劑確能全面快速誘殺雌蟲而有效的降低被害。採用定點誘殺器或網袋包之懸掛法，則可能受限於其短距離的揮發效果而必須增多誘殺器至每公頃 200~300 個才有效（陳等 2001），如此必定大大的增加成本及勞力付出。另外，網袋包法之載體，不論棉花片或纖維板，於調查期間皆有長黴之現象，可能亦會影響誘殺效果。

引用文獻

朱耀沂。2000。東方果實蠅猖獗與防治對策之探討。p.26-35。台灣果實蠅防治研討會專刊。中興大學編印。台中。

朱耀沂、黎瑞玲、童智虹、林世雄、陳淑佩。1996。三種誘殺資材對東方果實蠅之誘殺效果。植物保護學會會刊 38:59-65。

何坤耀。2003。管理東方果實蠅之兩種新誘殺策略評估。台灣大學博士論文。79 pp.

何坤耀、李後晶、洪淑彬、陳健忠。2003。不同誘引質材對東方果實蠅（雙翅目：果實蠅科）引誘效果之比較。植物保護學會會刊 45:117-126。

何坤耀、洪士程、李後晶、許洞慶、朱耀沂。2004。果實網袋包與渦旋式誘蠅器在斗六番石榴園對東方果實蠅（*Bactrocera dorsalis*）（雙翅目：果實蠅科）之誘殺效果。台灣昆蟲 24:65-72。

陳文華。1990。東方果實蠅食物引誘劑之開發。中興大學碩士論文。58 pp.

陳健忠、董耀仁、鄭玲蘭。2001。改良型麥氏誘殺器對東方果實蠅（*Bactrocera dorsalis*）（雙翅目：果實蠅科）誘殺效果評估。台灣昆蟲 21:65-75。

黃守宏。1997。斗六地區影響東方果實蠅誘殺蟲數之因子。台灣大學碩士論文。116 pp.

黃振聲、顏耀平、張明謙、劉佳瑩。2002。番石榴果實揮發性成分之萃取分析鑑定及其對東方果實蠅之誘引性。植物保護學會會刊 44:279-302。

程建中、李文蓉。1998。環境對東方果實蠅族群之影響。p.36-43。台灣果實蠅防治研討會專刊。中興大學編印。台中。

劉玉章、黃任豪。2000。改良糖蜜引誘劑對東方果實蠅之引誘效果。植物保護學會會刊 42:223-233。

岩橋　統。1984。琉球地區東方果實蠅之防治研究。中華昆蟲 4:107-120。

Bateman, M. A. and T. C. Morton. 1981. The importance of ammonia in proteinaceous attractants for fruit flies (Family: Tephritidae). Aust. J. Agric. Res. 32:888-903.

Gazit, Y., Y. Roessler, N. D. Epsky, and R. R. Heath. 1998. Trapping females of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Israel: Comparison of lures and trap type. J. Econ. Entomol. 91: 1355-1359.

Koyama, J., T. Teruya, and K. Tanaka. 1984. Eradication of the Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) from Okinawa Islands by a male annihilation method. J. Econ. Entomol. 77: 468-472.

Steiner, L. F. 1952. Fruit fly control in Hawaii with poison bait sprays containing protein hydrolizates. J. Econ. Entomol. 45: 836.

Effectiveness of Spinosad Bait in the Control of Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Guava Orchard[1]

Kun-Yaw Ho[2,5], Shi-Cheng Hung[3] and Chien-Chung Chen[4]

Summary

Ho, K. Y., S. C. Hung, and C. C. Chen. 2005. Effectiveness of Spinosad bait in the control of Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in guava orchard. J. Taiwan Agric. Res. 54:162-168.

The result of Spinosad bait spray (diluted 8-fold, spot sprayed weekly, 4 spots per plant, ca. 5 ml per spot) tested in guava orchards at Touliu in 2004 showed that it could effectively control the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). The percentage of fruit damaged and the degree of fruit infested decreased significantly after 3 weeks of consecutive applications. These two infested indices in the second fruiting season decreased from 100 and 95.2% before the treatment to 33.9 and 16.2% in average after 7 weeks of treatments, respectively. The averaged control rates were 60.9 and 65.9% after 7 weekly applications in the first and second fruiting seasons, respectively and which were higher than the treatments with the sprays of Nulure protein hydrolysate bait (37.1 and 48.0%). Furthermore, the control rate was significantly higher when it was calculated from the degree of fruit infested than from the percentage of fruit damaged. The effectiveness of Spinosad bait spray in the control of fruit fly could be influenced by the plot size, distance between plots, adjacent environment, and the weather. Therefore, area-wide control is recommended to ensure the best controlling result. In addition, re-application of the bait will be necessary after rain. The baits used in this experiment were not effective if applied with the net-bag hanging method in the field.

Key words: Spinosad bait, Guava, Attractant, *Bactrocera dorsalis*.

---

1. Contribution No.2235 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: August 12, 2005.
2. Associate Entomologist, Plant Protection Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
3. Assistance Entomologist, Plant Protection Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
4. Senior Entomologist, Applied Zoology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: kunyawho@dns.caes.gov.tw ; Fax: (05)2773630.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:169~ 183(2005)

荔枝採收後處理機械之研發[1]

陸龍虎[2] 蔡致榮[2,5] 梁連勝[2] 徐武煥[2] 王怡玎[3] 鄧永興[4]

摘 要

陸龍虎、蔡致榮、梁連勝、徐武煥、王怡玎、鄧永興。2005。荔枝採收後處理機械之研發。台灣農業研究 54:169-183。

本文旨在敘述荔枝脫粒、果粒分級及保鮮小包裝等一貫作業處理機械與技術之研發，其目標為節省人工、降低生產成本、確保貯運品質，並提升新鮮荔枝(果粒)之內、外銷市場競爭力。經研製與數度試驗改良後，已完成齒桿型荔枝脫粒機之研製、脫粒機與圓盤式分級機之整併、計數與計重式裝填裝置和輸送系統之研製，以及荔枝果粒保鮮小包裝機械之改良等。荔枝採收後處理機經測試效果良好，脫粒分級良品率、損傷率與帶梗率之平均值分別為 91.28、0.72 與 8.01%，其包裝作業能力為 360 盒/小時。果粒經保鮮膜小包裝處理後,其樣品於溫度 5°C，相對濕度 90~95%之條件下至少可貯存二週，此時果皮褐化比率約 30%。

關鍵詞：荔枝、脫粒、分級、處理機械。

前 言

荔枝原產中國大陸華南地區，果實成熟時肉質多汁、甜潤可口、風味佳，色、香、味俱全，素有嶺南果王之美譽，栽培歷史達二千餘年，在 16～17 世紀傳播到世界各亞熱帶地區。臺灣荔枝栽培面積自民國五十二年種植一千公頃到目前栽培面積已近一萬二千公頃，由於風味特殊、產期和其他國家多有錯開，頗具外銷潛力，惟荔枝採收後果實極易產生褐化和黴腐，致造成荔枝保鮮貯運困難，採收後的果實素有「一日色變，二日香變，三日味變，四日色香味盡失」之說。

臺灣大學農機系研究指出，於 5℃、96%RH 空氣環境中，荔枝果實在 13 天中失水 2.39%(wb)；其果皮則於 5℃、42.5%RH 環境中，經 4 天其水分蒸散殆盡，荔枝果實之比熱經測得為 0.9cal/g‧℃(陳 1984)。另有研究指出採收後的荔枝在 4℃的低溫冷藏下有顯著的保鮮效果，可有效地減緩荔枝果皮顏色褐變之進行，荔枝貯存於相對濕度 96%之環境，可有效地緩和果實重量的損失；荔枝果實重量損失達 28%時，即開始呈現物理性果皮褐變(陳＆蔡 1984)。另據中國熱帶農業科學院產品加工設計研究所指出，荔枝每年因腐爛變質而造成的損失約佔總產量的 20%以上(賴＆敖 1998)，為此，相關研究人員

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2236 號。接受日期：94 年 9 月 12 日。
2. 本所農工組副研究員、研究員兼組長、研究員、助理研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所園藝組助理研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。
4. 本所鳳山分所經營利用系副研究員兼主任。臺灣　高雄縣　鳳山市。
5. 通訊作者，電子郵件：jrtsay@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23325144。

紛紛對荔枝採後生理品質變化規律及貯藏保鮮技術進行研究，並獲得一些進展，如荔枝果實的結構特點及採後生理、病理過程、防止荔枝果實褐變的研究、荔枝常溫保鮮研究、荔枝氣調保鮮研究及荔枝輻射貯藏保鮮的研究等，然而自出冷藏庫後在貨架上品質的保持及常溫保鮮方面，未能有進一步突破。

至於荔枝內、外銷與檢疫方面，目前國內荔枝銷售係沿用傳統方式以成串荔枝(含枝梗、果粒)銷售，不利於貯運。外銷日本與韓國之荔枝則以網袋及紙箱包裝，並須經蒸熱處理(46.2℃、20 分鐘)和低溫冷藏處理(2℃、24 小時)；銷美國荔枝經脫粒後，以透明塑膠盒包裝並經低溫冷藏處理(1℃、15 日或 1.39℃、18 日)，運輸過程中須進行檢疫，隨時抽驗有無東方果蠅。惟經上述蒸熱低溫複合處理或低溫冷藏處理後，荔枝抵達目的地時，其果皮褐化嚴重，影響商品販售價值至鉅。

試驗報告指出利用燻硫法(硫燻蒸)進行荔枝保鮮處理可延長荔枝之櫥架壽命，然而燻硫處理會產生殘留、後味…等，因此燻硫保鮮技術仍存有爭議(賴＆敖 1998)。有鑑於此，為配合國產新鮮荔枝內、外銷需求，整合貯運技術與銷售方式，採單果粒進行分級與保鮮小包裝(約 1kg 重)方式作業，研發荔枝脫粒、果粒分級及保鮮小包裝等一貫作業處理機械與技術，以節省人工、降低生產成本、確保貯運品質，並提升新鮮荔枝(果粒)之內、外銷市場競爭力。

材料與方法

試驗設備：FUDOH NRM-2002J 型粘質物性測定機(RHEO METER, Kogyo Co., Ltd, Tokyo, Japan)與相關配件、METTLER LJ16 型微電腦水份測定電子稱(Mettler-Toledo AG, Greifensee, Switzerland，精度 0.001g)、Minota® Chromameter CR-200(Minolta Camera. Co., Ltd., Osaka, Japan)、計時碼錶、游標卡尺及數位式轉速計等。

供試材料：荔枝、保麗龍盒與保鮮膜(厚度 0.01mm)。

試驗地點：臺中縣霧峰鄉。

試驗設計與資料分析：(一)荔枝果梗與果粒性狀調查：針對已成熟之黑葉荔枝，以粘質物性測定機及相關配件，分別進行果梗之拉(斷)力測定與果梗長 10mm 和 5mm 處(分離層)之剪(斷)力測定，並調查果梗直徑、果梗長度、果實重量、最大外徑、最小外徑及果實高度等相關因子，俾以進行 Pearson 樣本相關及 Duncan 多重範圍分析(multiple range analysis)，並進一步釐清各因子之相關與影響。(二)機械之研製改良：含荔枝脫粒、分級、裝填、輸送、保鮮小包裝(保麗龍盒加封保鮮膜)等作業機械之研製改良。(三)機械試驗與性能測定：作業處理機之試驗與相關性能測試。(四)荔枝果粒保鮮小包裝貯存力之試驗：荔枝果粒經機械作業處理後貯存力之試驗調查與資料整理分析。試驗樣品為帶枝葉的荔枝果串經機械脫粒與人工摘粒，比較機械脫粒包裝與人工摘粒包裝(對照組)對荔枝果實貯藏品質的影響。貯藏方式為 5.0±0.5°C(相對濕度 90~95%)冷藏 4 週，定期調查 1 至 4 週的出庫品質。調查項目包括果實失重率(%)、果皮機械磨損率(%)、目測果表出現乾黃的擦傷面積比率、果色(以色差值 L 及 +a*表示，L 值愈高表示果色愈明亮，+a*值愈高表示果色愈鮮紅；係以 Minota® Chromameter CR-200 測定；每果測定 4 個測點，包括赤道部位 2 點，果肩 1 點，果尖 1 點)、目測果表褐化面積比率(%；以下簡稱“褐皮率”)、黴腐率(%)及果表黴腐率(%，目測果表發黴面積比率)。每 1 包裝盒(每盒重約 1kg)抽樣 25 粒果實為 1 重複，每處理抽樣 4 盒為 4 重複。

結　　果

荔枝果梗拉力與剪力測定及相關因子之調查

針對已成熟之黑葉荔枝，使用粘質物性測定機及相關配件，以 2cm/min 之測試速度分別進行果梗長 10mm 和 5mm 處(分離層)之剪斷力測定(圖 1-左)與果梗之拉斷力測定(圖 1-右)，經試驗調查黑葉荔枝果實重量與平均直徑、高度之三維度散佈情形(圖 2)，基本上果實重量分別與平均直徑及高度呈直線相關。以果實重量而言，平均值為 21.3g，標準偏差為 3.1g，最小值 12.5 g，最大值 27.2 g，變異係數為 14.37%；就果實平均外徑而言，平均值為 33.6mm，標準偏差為 1.9mm，最小值 28 mm，最大值 36.8 mm，變異係數為 5.59%；以果實高度而言，平均值為 32.5mm，標準偏差為 1.5mm，最小值 28.5 mm，最大值 35.5 mm，變異係數為 4.51%，上述相關參數之變異係數皆小於 15%，其變異不大應可接受。如圖 3 所示，其果實重量(W)與平均直徑(AD)及高度(H)之關係可由方程式(1)與(2)表示，顯然以具有高決定係數(R^2=94%)與較低標準偏差(S=0.7535)之果實重量與平均直徑之線性關係為佳。

$W = -31.714+1.578AD;\ R^2=94\%, S=0.7535$……(1)

$W = -34.943+1.731H;\ R^2=68.6\%, S=1.7255$……(2)

經由 Pearson 樣本相關統計分析得知果實之重量、平均外徑、高度、果梗直徑與果梗所受剪斷力、拉斷力無顯著相關。影響果梗剪斷力與拉斷力大小之主要因素為果梗受力點所處之位置與受力方式。在不同果梗位置果梗所受剪斷力與拉斷力之關係如圖 4 所示，其中 S5、S10、T0 與 T5 分別代表黑葉荔枝果梗長 5mm(分離層)和 10mm(非分離層)處之剪斷力，以及果梗長 0mm(基部)和 5mm(分離層)處之拉斷力，顯然果梗離斷力由小至大分別為 T5、T0、S5 及 S10，就拉斷力與剪斷力而言分離層處所需之離斷力都較小，依據 95%信賴位準 Duncan 多樣本比較，T5 與 T0 並無顯著差異，但與 S5 及 S10 卻係統計顯著差異之三個別族群，由此可知離斷果梗時倘考慮由小至大施力，基部或分離層之拉斷會先發生，之後才是分離層之剪切離斷，最後倘前述兩種情況沒有發生才發生非分離層之剪切離斷。

圖 1. 荔枝果梗剪力(左)與拉力(右)測定實況。
Fig. 1. Shearing (left) and tensile (right) testing of litchi stems.

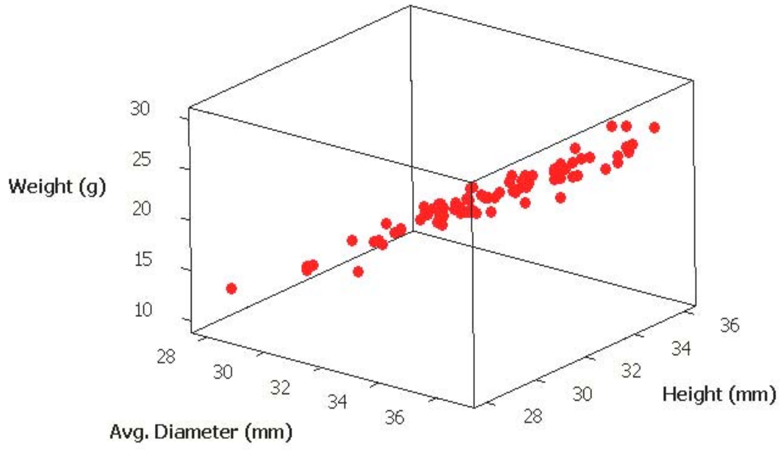


圖 2. 荔枝果實重量與尺寸之三維度散佈。

Fig. 2. Three dimensional scatter plot of litchi weight and dimension.

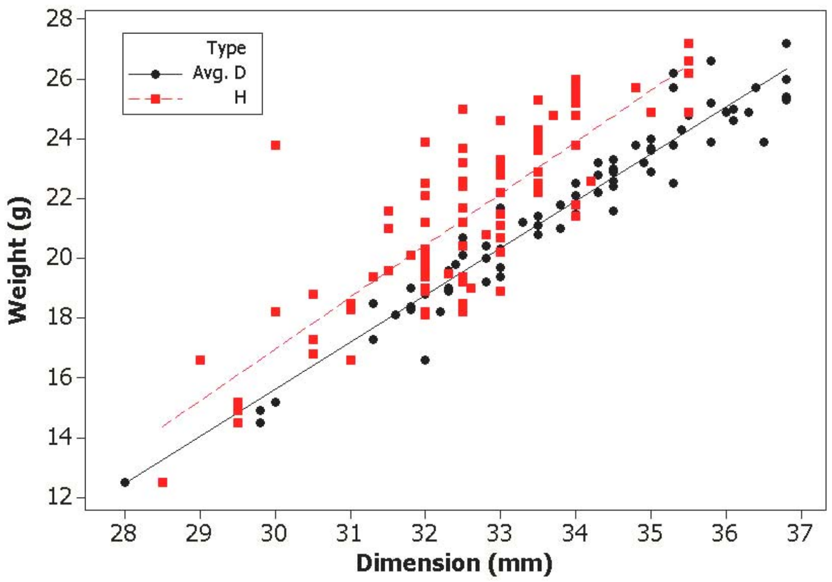


圖 3. 荔枝果實重量與尺寸之線性關係。

Fig. 3. Linear relationship of litchi weight and dimension with regressed lines.

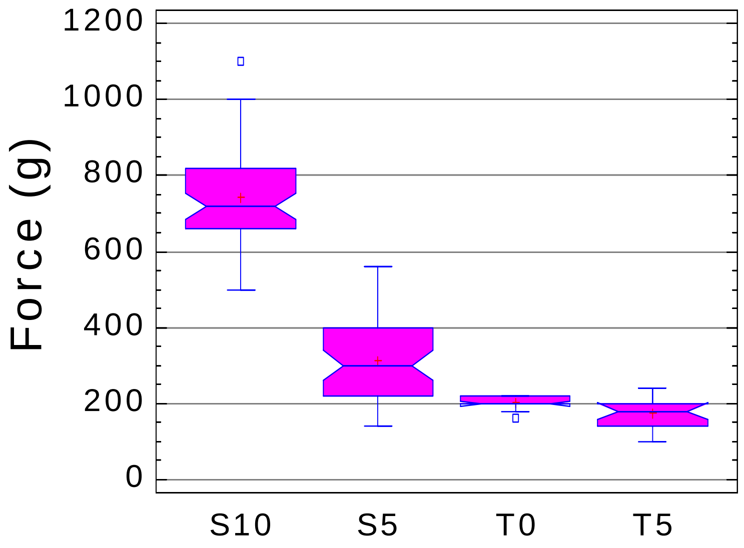


圖 4. 荔枝果梗剪斷力與拉斷力之鬚盒圖比較。

Fig. 4. Comparison of shearing and tensile force of litchi stems at breaking points using box-and-whisker plot.

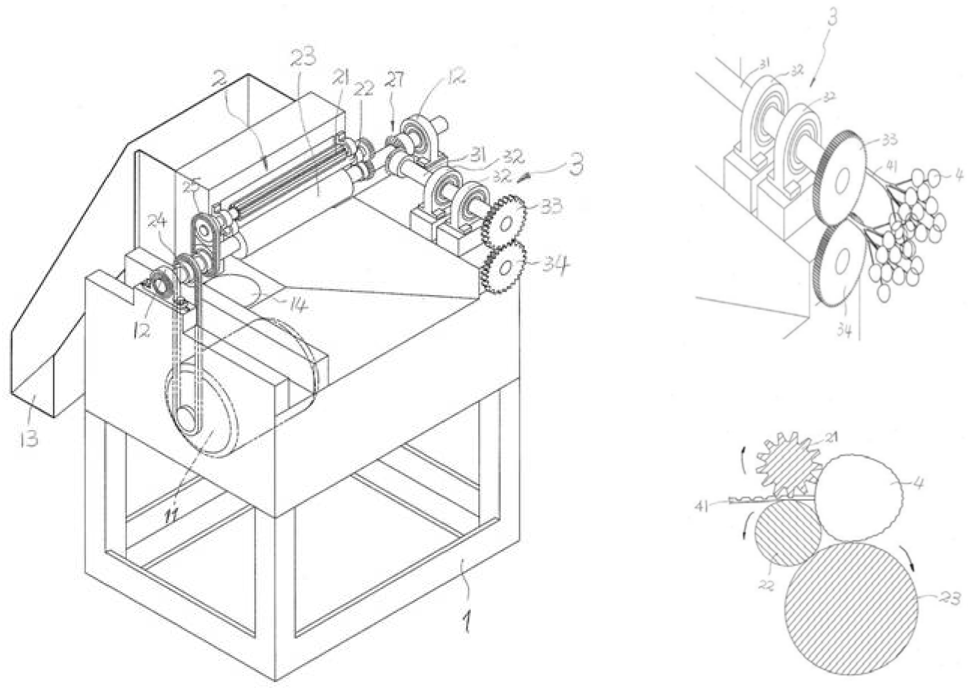
為提供參考，摘述相關數據如下：果梗長 5mm 和 10mm 處之剪斷力平均值分別為 311.6g 與 742.4g，標準偏差為 101.8g 與 138.7g，最小值為 140g 與 500g，最大值為 560g 與 1100g，變異係數為 32.66%與 18.68%；而果梗長 0mm 和 5mm 處之拉斷力平均值分別為 202g 與 175g，標準偏差為 16.6g 與 41.1g，最小值為 160g 與 100 g，最大值為 220 g 與 240 g，變異係數為 8.2%與 23.46%。就果梗拉斷力而言，由 33 個荔枝果粒試驗數據得知在果梗分離層(約 5mm 處)被拉斷之果粒數為 18 個(受處理果粒皆為良品)，而在果梗基部被拉斷之果粒數達 15 個(受處理果粒皆被判為損傷)。

荔枝採收後處理機械之研製改良

荔枝脫粒機之研製改良：脫粒機經研製改良後如圖 5 所示，長、寬與高分別為 57、60.8 與 111cm。其包括：機架(1)、脫粒裝置(2)及結果枝條碾壓裝置(3)，其動力來自變速馬達(11，100W-110V)。而脫粒裝置後方設一結果枝條排出槽(13)，並於脫粒裝置下方設一果粒收集槽(14)。其詳細運作原理如下所述：

脫粒裝置：具有上下並列之一平滑軋桿(22，外徑 17mm、長 250mm)與一由正齒形所構成的齒狀軋桿(21，外徑 17mm、長 250mm、模數 1.00、齒數 15 齒)，俾供結果枝條(41)可嵌入於該二軋桿間，利用齒狀軋桿與平滑軋桿間的旋轉壓合與咬合力，進行結果枝條與果粒(4)分離的摘粒作業，果粒可由果粒收集槽收集之，而結果枝條則由結果枝條排出槽排出。

結果枝條碾壓裝置：係包括由傘形齒輪組(27)所驅動的軸桿(31)，軸桿穿經兩軸承座(32)，並於機架右前側端面上方與軸桿端部處設置第一碾壓輪(33，正齒形、外徑 52mm、模數 1.00、齒數 50 齒)，對應第一碾壓輪於機架右前側端面處設置第二碾壓輪(34，正齒形、外徑 52mm、模數 1.00、齒數 50 齒)，藉第一碾壓輪與第二碾壓輪之相對旋轉，將較粗之結果枝條的前端先進行碾壓處理後，再置入脫粒裝置進行脫粒作業。



Item annotation：

1	Frame	22	Smooth roller	32	Bearing
11	Variable speed motor	23	Shaft	33	First crushing gear
12	Bearing	24	Chain one	34	Second crushing gear
13	Branch discharge chute	25	Chain two	4	Branch and fruits
14	Fruit collecting chute	27	Bevel gear set	41	Fruited branch
2	Snapping device	3	Crushing device for fruited branches		
21	Gear-shape roller	31	Shaft		

圖 5. 荔枝脫粒機(左為外 觀 、右上為結果枝 碾 壓 示意圖以及右下為脫粒示意圖)。

Fig. 5. View of the developed snapping machine for litchis shows the appearance (Left), the mechanism for squelching the litchi branches with fruits (Upper Right), and the mechanism for snapping the litchis (Lower Right).

動力傳動系統：當啟動變速馬達，藉鏈條(24)的設置帶動圓桿(23)，圓桿轉動後，間接帶動鏈條(25)使平滑軋桿及結果枝條碾壓裝置中的軸桿同步轉動，使脫粒裝置與結果枝條碾壓裝置開始運作。

荔枝脫粒機與分級機構之整合：李(1996)報告指出合格之外銷荔枝每粒重需 20g 以上，因此施行荔枝果粒分級淘汰不合乎外銷規定標準之荔枝仍為必要之工作，為獲得最佳之分級機構，蔡等(2003)曾進行現有水果分級機(圓盤式、滾筒式、皮帶式、重量式與人工目測分級)之工作效率與分級性能之比較評估，惟經整體考量作業能力、分級精度、構造複雜性與製造成本等，採用圓盤式分級機構與前節所述之脫粒機整合組裝成荔枝脫粒分級機乙部如圖 6 所示，其長、寬、高尺寸分別為 178、163、111cm。分級機構則由可迴轉圓盤與固定於圓盤外圍機臺上方之分級模板組成，藉由圓盤之迴轉離心力使荔枝果粒緊靠圓盤外圍與分級模板依序前進，按圓盤外圍與分級模板間之高低間隙，進行分級作業，每級模板高低可依需要調整，驅動圓盤之動力源為 110V 與 1/4HP 之馬達。

荔枝果粒保鮮小包裝相關機構之研製改良：中國南方果樹於 1997 年「荔枝保鮮原理與技術」報告中指出貯運荔枝採用小包裝(0.25~0.5kg)比大包裝(15~25 kg)效果好，此係本研究規畫保鮮小包裝(1 kg 果粒)的因素之一。經研製荔枝果粒保鮮小包裝處理相關裝置主要含自動取盒(盤)機構、裝填裝置、輸送系統、搬盒機構、保鮮膜包裝裝置與控制系統等如圖 7 所示，其各部內容簡述於后。

取盒(盤)機構：主要功能在於從整疊空包裝盒中，自動抓取並排放於輸送帶上，以供荔枝果粒裝填用，如圖 8 所示，主要係由排盒骨架(40-40 鋁擠型)、插臂(爪)、插臂氣壓缸(SMC-CXSM-20-15-Y59A，左右各 1)、插臂電磁閥、放盒撥桿、放盒氣壓缸(SMC-CXSM-20-15-Y59A，左右各 1)、放盒計時器、待料(盒)感測器(光電式)、放盒電磁閥、三點組合(SMC-AC2010-02)、B 式氣壓調速閥、PVC 風管、PLC 可程式控制器(40 點)等組成。

圖 6. 荔枝脫粒分級機(由左而右依次為外觀實體、脫粒與分級實況)。

Fig. 6. View of the integrated snapping and sorting machine for litchis shows the appearance (Left), the situations of snapping (Middle) and sorting (Right) operations.

圖 7. 荔枝果粒保鮮小包裝處理之相關裝置。

Fig. 7. Related devices of the developed small-package handling system for fresh-keeping litchi fruits.

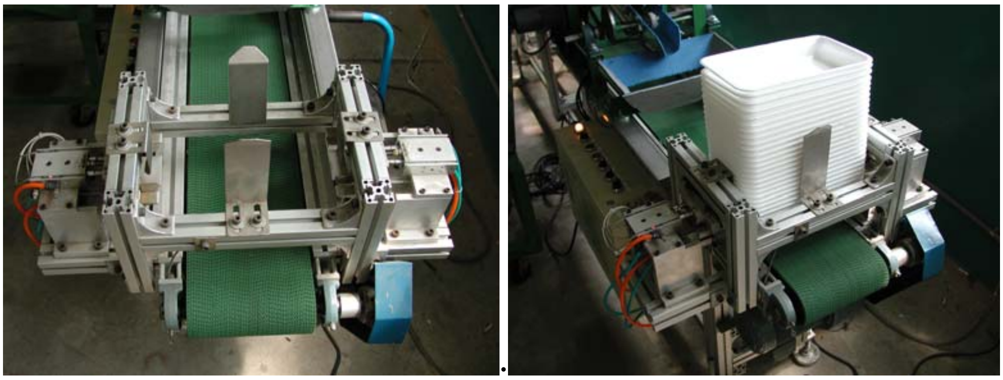


圖 8. 取盒(盤)機構(右圖置有托盤)。
Fig. 8. Tray-delivering mechanism without (Left) and with (Right) stacked trays.

裝填裝置：係將荔枝果粒裝填入包裝盒(1kg 裝)內，並有計數式與計重式兩種裝填方式。如圖 9 所示之計數式裝填裝置主要由機架、入料斗、擋板輸送帶與其驅動煞車馬達(AC220V、25W、90：1)、調速器、單粒化輸送皮帶與其驅動煞車馬達(AC220V、25W、60：1)、果粒均分裝置(左、右擺動 30 度)、盒感測器與果粒感測器(光電式)、計數器(數位式 30~3000cps)及電控箱等組成。而圖 10 所示之計重式裝填裝置主要由機架、入料斗、主擋板輸送帶(帶寬 250mm、厚 3mm、擋板高 20mm)、副擋板輸送帶(帶寬 50mm、厚 3mm、擋板高 20mm)與其驅動煞車馬達(AC220V、 60W)、荷重感測裝置(設定 1kg 裝)、負荷元(load cell，5kg)計重控制器(GSC+)、電控箱、調速器、盒感測器(光電式)等組成。

輸送系統：將裝填好荔枝果粒之包裝盒輸送至搬盒機構，如圖 11 所示，主要包含輸送帶骨架(40-80 鋁擠型-6M)、平移段花紋平皮帶(2800×200mm)、上升段花紋平皮帶(3400×200mm)、煞車馬達(1/2HP)及馬達變頻器等。

搬盒機構：將來自輸送系統之包裝盒搬移至包裝裝置，如圖 12 左所示，主要包含骨架(40-40 鋁擠型)、夾爪氣壓缸(SMC-MHL2-10D)、升降氣壓缸(SMC-CDQ2A32-150DCM)、平移氣壓缸(SMC-CDA1LN40-300)、夾爪組件、定位組件(擋板)、待料(盒)感測器(光電式)、電磁閥、電控箱、三點組合(SMC-AC2010-02)、B 式氣壓調速閥、PVC 風管、承接輸送帶及馬達(6W)等。

保鮮膜包裝裝置：挾送包裝盒(置滿荔枝果粒約 1kg)並施行加封保鮮膜之小包裝作業，如圖 12 右所示，主要包含機架、包裝盒推送板、盒感測器、保鮮膜供應裝置、盒挾送(持)皮帶、中間封膜裝置、切(膜)刀組、溫度控制器、加熱板、馬達兩組(40W 與 90W)及電控系統等。

機械試驗與性能測定

荔枝脫粒分級機經以成串荔枝進行性能測試(軋桿迴轉數 120rpm)，測試結果良品率、損傷率與帶梗率之平均值分別為 91.28、0.72 與 8.01% ，對應之變異係數值為 3.7、97.2 與 41.2%。使用此荔枝脫粒分級機每小時可處理荔枝 80kg(果粒淨重)。

取盒(盤)機構一次至少可堆疊 50 個保麗龍盒(盒之長、寬、高與凸緣為 281、168、44mm 與 7mm)，可依設定每次自動排放壹個空包裝盒，以供荔枝果粒裝填用，經測試效果良好，惟包裝盒必須有凸緣邊。裝填裝置可依設定每盒自動裝填 1kg＋25~50g，經測試計數式之裝填作業能力為 1 盒/30 秒(經實際調查人工裝填與包保鮮膜為 1 盒/3 分鐘)，計重式之裝填作業能力為 1 盒/10 秒；輸送系統之輸送速度可配合包裝盒排放作業、裝填作業與搬移包裝盒工作進行調整。搬盒機構經測試其動作確實，成功率達 100%。保鮮小包裝作業處理機經連續作業試驗與測試，其包裝能力約 360 盒/小時。

圖 9. 計數式裝填裝置(由左而右依次為入料、單列送料、裝填)。

Fig. 9. View of the counter-type filling device of litchi fruits shows the supplying (Left), single-line transporting (Middle) and loading operations.

圖 10. 計重式裝填裝置(由左而右依次為入料、主與微量送料、裝填)。

Fig. 10. View of the weigher-type filling device of litchi fruits shows the supplying (Left), mass/small-amount transporting (Middle) and loading (Right) mechanisms.

圖 11. 輸送系統。

Fig. 11. View of the belt-conveying system for litchis in trays.

圖 12. 搬盒機構(左)與保鮮小包裝裝置(右)。

Fig. 12. View of the tray-transporting mechanism (Left) and the small-package packing device (Right) for fresh-keeping of litchis.

荔枝果粒保鮮小包裝貯藏力試驗

荔枝經機械脫粒包裝與人工摘粒包裝(對照組)後，隨即於溫度 5.0°C(相對濕度 90~95%)之冷藏庫冷藏 4 週，試驗調查結果顯示，機械脫粒包裝處理對荔枝果粒並未造成明顯的擦碰傷，貯藏期間果皮顯現的乾黃擦傷程度與對照組差異不大(如圖 13 所示)；但因機械脫粒包裝處理組有少數脫粒損傷，致貯藏期間近果蒂部位偶有輕度發霉，但尚不影響果實外觀品質。機械脫粒包裝處理組對於果皮品質的維持效果約 2 週(如圖 14 所示)；貯藏 4 週期間雖然果表發霉面積平均小於 5%(如圖 15 所示)，但貯藏 3 週時，褐皮率與發霉果粒數迅速增加(如圖 14 與圖 16 所示)，而色差 L 值與色差+a*值迅速下降(如圖 17 與圖 18 所示)，商品價值遽降。

討　　論

經荔枝果實與果梗性狀試驗獲知，就果梗剪斷力而言，在果梗分離層(約 5mm 處)所受之剪斷力平均值(311.6g)比非分離層之剪斷力(742.4g)小很多，試驗結果亦顯示使用旋轉剪斷方式進行脫粒其剪斷力應低於 560 g(即分離層 5mm 處之最大值)；就果梗拉斷力而言，在果梗分離層(約 5mm 處)所受之拉斷力平均值(175g)與果梗基部之拉斷力(202g)相近，然經由數據得知在果梗分離層(約 5mm 處)被拉斷之果粒數佔 54.5%(受處理果粒皆為良品)，而在果梗基部被拉斷之果粒數達 45.5%(受處理果粒皆被判為損傷)，因此，使用拉斷方式進行脫粒，會有較高損傷率產生。反之，以旋轉剪斷方式進行脫粒，雖亦有可能由於果實脫粒過程中緊縮相互擠拉而導致果實從果梗基部被拉斷造成損傷，且需使用較大之力量，但就減少機械損傷而言絕對優於採用拉斷方式進行脫粒。

機械經研製與數度試驗改良，已完成齒桿型荔枝脫粒機之研製、脫粒與圓盤式分級機之整併、計數與計重式裝填裝置和輸送系統之研製，以及荔枝果粒保鮮小包裝機之改良等，並進行荔枝採收後處理機之機械性能測試與果粒保鮮貯存試驗等。荔枝採收後處理機經測試效果良好,就荔枝脫粒分級機而言，荔枝脫粒分級良品率、損傷率與帶梗率之平均值分別為 91.28、0.72 與 8.01%，對應之變異係數值為 3.7、97.2 與 41.2% ，每小時處理荔枝能力達 80kg(果粒淨重)，與人工脫粒每小時 33.76kg 相較，可節省人力需求甚多。就裝填裝置而言，計重式裝填裝置之作業能力為 1 盒/10 秒，比計數式裝填裝置高出 3 倍；而保鮮小包裝作業處理機，經測試其包裝作業能力為 360 盒/小時，相較於人工裝填並包覆保鮮膜高出 10 倍以上，對節省人力相當有助益。

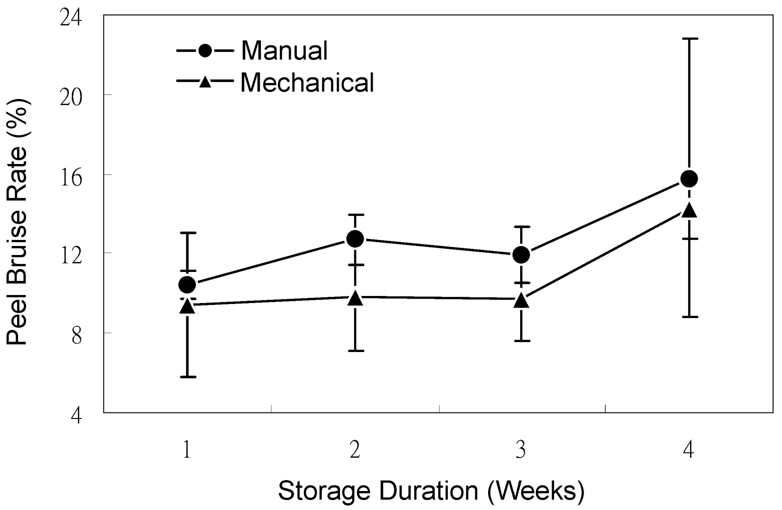


圖 **13.** 機械脫粒包裝與人工摘粒包裝果皮磨損比較。

Fig. 13. Comparison of the peel bruise rates of processed litchis between mechanical and manual (check) snapping-and-packing operations.

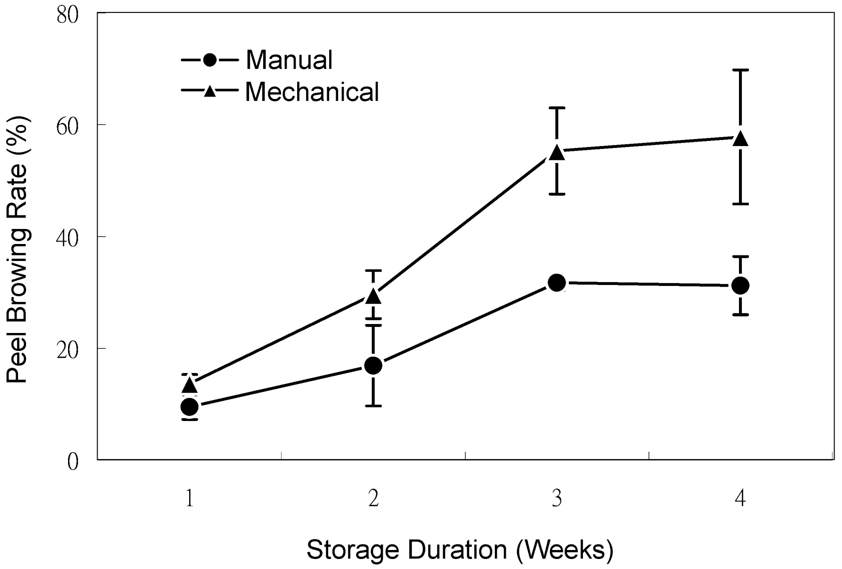


圖 **14.** 機械脫粒包裝與人工摘粒包裝貯藏期果皮褐化劣變比較。

Fig. 14. Comparison of the peel browning rates of processed litchis between mechanical and manual (check) snapping-and-packing operations.

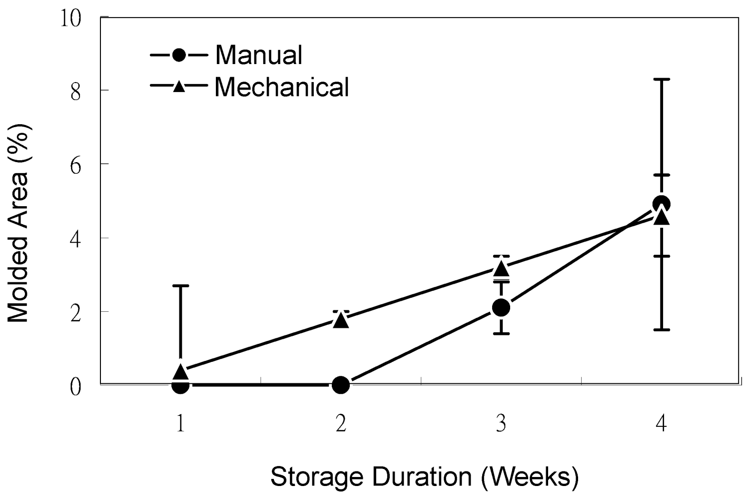


圖 15. 機械脫粒包裝與人工摘粒包裝貯藏黴腐比較。

Fig. 15. Comparison of the molded area rates of stored litchis between mechanical and manual (check) snapping-and-packing operations.

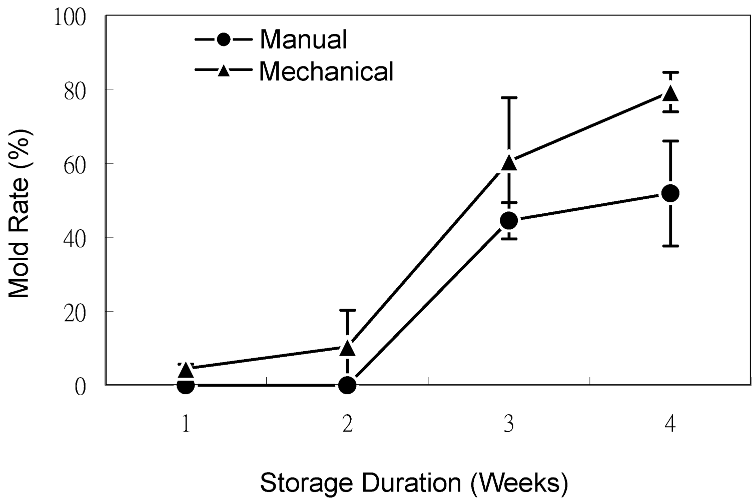


圖 16. 機械脫粒包裝與人工摘粒包裝貯藏期發黴比較。

Fig. 16. Comparison of the mold rates of stored litchis between mechanical and manual (check) snapping-and-packing operations.

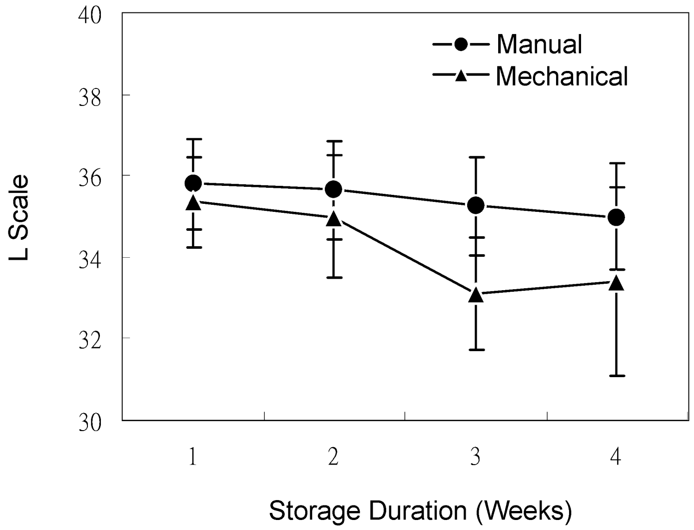


圖 17. 機械脫粒包裝與人工摘粒包裝貯藏期赤道部位果皮色差 L 值比較。

Fig. 17. Comparison of the colorimetric measurement (L scale) of peels at equatorial portions of stored litchis between mechanical and manual (check) snapping-and-packing operations.

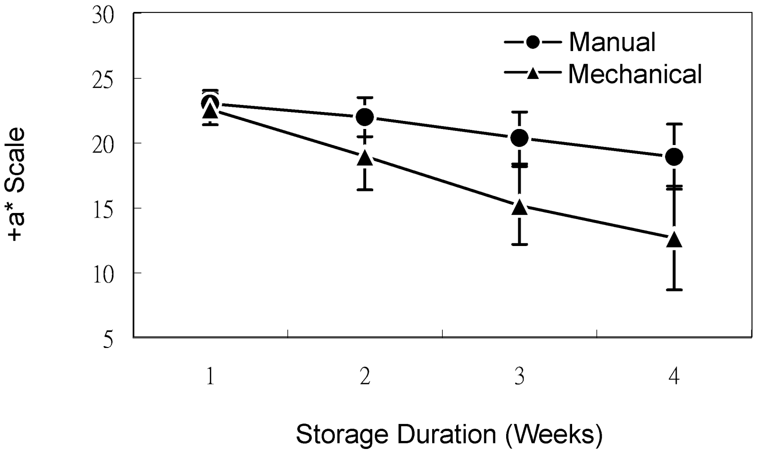


圖 18. 機械脫粒包裝與人工摘粒包裝貯藏期赤道部位果皮色差+a*值比較。

Fig. 18. Comparison of the colorimetric measurement (+a* scale) of peels at equatorial portions of stored litchis between mechanical and manual (check) snapping-and-packing operations.

果粒經保鮮小包裝處理後，其樣品於溫度 5°C，相對濕度 90~95%之條件下至少可貯存二週，此時果皮褐化比率約 30%。就整體而言，本研究所研發之荔枝採收後處理機械其功能已達預期目標，惟利用本處理機械進行荔枝採後處理與外銷供貨，建議應注意供果來源與品質的穩定，以確保機械處理之功效不受外在因素之干擾，進而提升競爭力。

誌　謝

本研究承蒙行政院農業委員會 93 農科-1.1.4-農-C1 計畫補助經費，以及本組柯平福先生、簡文章先生、魏阿娟小姐與臺中縣太平市統農機械有限公司協助試驗始得以完成，謹此誌謝。

引用文獻

李皇照。1996。荔枝輸日與外銷出口制度之分析。臺灣農業 32(2):16-31。

陳貽倫。1984。荔枝果實之預冷與其有關物性。農業工程學報 30(4):74-84。

陳貽倫、蔡慶隆。1984。荔枝收穫後不同處理方式對其失重褐化之影響。農業工程學報 30(4):125-132。

蔡致榮、梁連勝、陸龍虎、王怡玎。2003。荔枝脫粒分級機之研製。p.58-69。中正農業科技社會公益基金會九十二年科技研究計畫成果研討會專刊。

賴巧云、敖宁建。1998。國內外荔枝採後生理貯藏保鮮研究的進展。雲南熱作科技 21(3):27-31。

Development of Postharvest Handling Machine for Fresh Litchis[1]

Lung-Hu Lu[2], Jyh-Rong Tsay[2,5], Lien-Sheng Liang[2], Wu-Huann Shyu[2], Yee-Ting Wang[3] and Yong-Hsing Teng[4]

Summary

Lu, L. H., J. R. Tsay, L. S. Liang, W. H. Shyu, Y. T. Wang, and Y. H. Teng. 2005. Development of postharvest handling machine for fresh litchis. J. Taiwan Agric. Res. 54:169-183.

This paper describes the research work to develop a serial of postharvest handling machines, including a snapping machine, a sorting machine, and a packing machine using fresh-keeping films, for fresh litchis. The final goal of the research is to lessen the labor requirement, to reduce the production cost, to preserve the litchi quality in storage and portage, and to strengthen the competition ability of the processed litchis in foreign and domestic markets. The snapping machine using rotary gear-shape rollers and disk-type sorter had been developed and integrated for processing fresh litchi fruits. Two kinds of fruit filling systems, including a counter-type and a weigher-type, were also manufactured and modified. Besides, the once over small-package packing machine using fresh-keeping films was tested and demonstrated. The fresh-keeping performance of litchis processed by the developed system was evaluated experimentally. Results from tests indicated that the snapping machine and the disk-type sorter were integrated successfully with a successful snapping rate of 91.28%, a damage rate of 0.72%, and a with-stalk rate of 8.01%. The automatic handling system could run smoothly with a working capability of 360 packs per hour. The litchis, mechanically wrapped in food fresh-keeping films, could be stored for at least two weeks at 5℃ (RH 90~95%). The peel browning rate of the stored litchis was found to be about 30% in two weeks.

Key words: Litchi, Snapping, Sorting, Handling machine.

---

1. Contribution No.2236 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: September 12, 2005.
2. Respectively, Associate Researcher, Senior Engineer and Director, Senior Engineer, Assistant Researcher, Agricultural Engineering Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Horticulture Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Associate Horticulturist and Chairman, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, ARI, Fengshan, Kaohsung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: jrtsay@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23325144.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:184~194 (2005)

接種期對叢枝菌根菌繁殖與溫度對孢子發芽之影響 [1]

莊明富[2] 程永雄[2,3]

摘　　要

莊明富、程永雄。2005。接種期對叢枝菌根菌之繁殖與溫度對孢子發芽之影響。台灣農業研究 54:184-194。

百喜草每隔兩週接種叢枝菌根菌，進行為期一年的菌種繁殖調查，供試菌種有 *Glomus aggregatum* (Ga)、*G. etunicatum* (Ge)、*G. mosseae* (Gm) 及 *Acaulospora scrobiculata* (As)。結果顯示四個菌種除 As 外，全年接種均可感染並形成菌根，As 在 5-9 月接種，菌根形成率較高，其餘時期接種則感染甚低或未感染。百克土孢子數較高之接種時期，Ga 在 1-4 月，Ge 在 1-4 月及 8-9 月，Gm 在 5-10 月，As 則在 5-9 月中，這些期間接種，平均各菌種百克土之孢子(堆)數，分別為 54、4024、1019 及 2010。此外，利用孔徑 0.45μm 過濾膜包埋孢子並置於河砂中，調查其在 20, 24, 28 及 32℃定溫箱中之發芽情形，結果顯示 Ga 與 Ge 適於發芽的溫度範圍較廣(20-32℃)，但兩者仍有差異，Ga 在 28, 32℃有較高的發芽率，Ge 則在 20, 24 及 32℃，兩者隨著溫度增高，得到最大發芽率所需的時間隨之縮短；Gm 適宜發芽溫度在 28℃，但是 20 與 32℃下仍可發芽，As 適宜發芽溫度也在 28℃，但其在四種溫度下，發芽情形均不甚理想。在 20℃下，隨著培養時間延長到 42 天，並不會提高孢子發芽率，因此 15 天的培養時間已經足夠。由上述結果可知，除了 As 外，其餘三個菌種全年不同時期接種，均可感染宿主形成菌根，可能是適宜孢子發芽之溫度範圍較廣，而 As 除了溫度外，可能還有其他重要因子影響其發芽，有待進一步研究。

關鍵詞：叢枝菌根菌、繁殖、溫度、發芽。

前　　言

叢枝菌根菌(Arbuscular mycorrhizal fungi)原先分類上屬於接合菌綱(Zygomycetes)、繡球菌目(Glomales)的真菌 (Morton & Benny 1990) ，Schüßler 等人(2001)在真菌界的壺菌門、接合菌門、子囊菌門及擔子菌門，單獨設立一門 Glomeromycota，以容納此類真菌，並分成兩目、五科共七屬，目前已命名的叢枝菌根菌約有一百五十餘種。菌根是此類真菌感染植物根系所形成的共生性構造，菌根的形成有助於植物吸收土壤中的養分(主要是磷)與水分，增進植物的生長，提高植物對乾旱、鹽分的抵抗性，以及增強植物對病害的抗、耐病力(Dehne 1982；Smith 1988；Augé 2001；Koide & Mosse 2004)。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2237 號。接受日期：94 年 9 月 27 日。
2. 本所嘉義農業試驗分所助理研究員、研究員兼分所長。臺灣省 嘉義市。
3. 通訊作者，電子郵件：cyh@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2773630。

叢枝菌根菌為絕對共生真菌，無法以人工培養基繁殖，盆栽法(Open pot culture)(Gilmore 1968)為接種原繁殖提供了解決的方法，也開啟叢枝菌根菌研究的重要一步。盆栽法生產之接種原包括孢子、根外菌絲、感染根段，對 *Glomus* 與 *Acaulospora* 屬，都是有效的接種原，但 *Gigaspora* 與 *Scutellospora* 屬，孢子為其主要的接種原(Klironomos & Hart 2002)。An 等人(1993)田間研究結果，認為秋天至早春叢枝菌根菌主要繁殖體(Propagules)為孢子，然而春天孢子發芽以後，繁殖體主要是菌絲，直到秋天新孢子產生，顯示溫帶地區孢子形成與季節有關，楊氏(1997)使用八種宿主植物繁殖 *G. mosseae*, *Gigaspora gigantea* (Gig)及 *G. fasciculatum* (Gf)，顯示三個菌種最佳產孢季節在夏季。孢子產量高低與繁殖用宿主種類也有關(楊 1997；Struble & Skipper 1988；Simpson & Daft 1990)，吾等(莊&程 1999)研究也顯示不同繁殖宿主，*G. mosseae* 孢子產量有別，其中除了宿主種類的因素，繁殖時期可能也有關係。主要影響叢枝菌根菌繁殖的因子甚多(王&陳 1997；Siquerira *et al*. 1985)，可歸納為生物與非生物因子，叢枝菌根菌繁殖從孢子發芽，發芽管生長、附著到侵入，菌根生長，到孢子的形成，各個環節影響因子也可能有別，但是孢子發芽是整個繁殖序幕的開始，決定後續繁殖成功與否。溫度對孢子發芽之影響，許氏(1990)比較 *G. etunicatum*, *G. mosseae*, 及 *G. fasciculatum* 等菌種，顯示在 28℃培養 7-10 天孢子發芽率可達最高。影響孢子發芽除了一些外在因子，尚有內在因子－孢子休眠(Dormancy)，Tommerup(1983)比較四種叢枝菌根菌，發現供試菌種初形成的孢子有休眠性，菌種間休眠期長短也不同，Juge 等人(2002)利用 4℃低溫層積(Stratification)可縮短 *G. intraradices* (Gi)的休眠期，層積時間延長也會改變發芽管的生長模式，4℃冷藏方式也有助於提高孢子發芽率(許 1990)，因此本研究探討叢枝菌根菌適合發芽溫度，供試菌種均經過一年以上的儲存，以排除孢子休眠之影響，並以過濾膜(0.45μm)作為測定發芽的方法(呂 1994)。臺灣位於熱帶與亞熱帶地區，叢枝菌根菌產孢狀況與產孢量是否與接種時間有關，是本研究探討之目標。

材料與方法

叢枝菌根菌接種原之來源與繁殖

4 種供試叢枝菌根菌 *Glomus aggregatum* (Ga), *G. etunicatum* (Ge), *G. mosseae* (Gm)及 *Acaulospora scrobiculata* (As)，係自田間採集、分離及純化。純化後之菌種繁殖於百喜草或玉米等宿主植物，接種後 14 週取出根圈土，陰乾、裝袋後置於 4℃冷藏庫保存，菌種每年進行一次更新繁殖。

叢枝菌根菌全年不同接種期對繁殖之影響

供試百喜草種子於播種前經 0.5%次氯酸鈉消毒 5 分鐘，水洗三次後陰乾，再撒播於裝有 3 *l* 消毒河沙(80℃一小時蒸氣消毒, pH 7.34)之 7 吋盆缽上，每個盆缽 30 顆種子(發芽率>70%)，播種後每盆施用 7.5g 三號奧妙肥(N:P:K=18:5:11)，再覆蓋消毒泥炭苔，供試宿主每隔兩週準備一批，進行為期一年之叢枝菌根菌繁殖調查。百喜草發芽後，4 種叢枝菌根菌菌土以濕篩法洗出孢子(Gerdemann & Nicolson 1963)，分別於解剖顯微鏡下，以玻璃吸管各吸取 30 個孢子或 5 個孢子堆，分別放入 1.5ml 之微量離心管內。接種時先在宿主根圈土表面挖 5 個洞，再以吸管吸取孢子懸浮液平均滴入進行接種，接種後再將洞口覆蓋並澆水。本試驗每一菌種各接種 5 盆，植株於簡易塑膠布隧道式網室中管理。接種後 14 週，以採土器(內徑 2.8cm)在每盆植株根圈土各採集三個土柱，混合於同一塑膠袋中。採集之根圈土，根系部分經透化染色後(Phillips & Hayman 1970)，調查並計算菌根形成率，根圈土則以濕篩法洗出孢子，調查百克土壤之孢子數。試驗年度之溫、溼度，是以溫溼度記錄器(HOBO pro RH/Temp logger Accuracy: ±0.4℃ in standard resolution mode)進行紀錄，紀錄間隔設定為 30 分鐘一筆。

溫度對孢子發芽之影響

取出 4 種叢枝菌根菌 *Glomus aggregatum*, *G. etunicatum*, *G. mosseae* 及 *Acaulospora scrobiculata* 之菌土，分別以濕篩法分離孢子，再於解剖顯微鏡吸取孢子，置放於 0.45μm 孔徑過濾膜上(Durapore membrance, hydrophilic PVDF, 0.45μm, 47mm, Millipore Co., USA)，每一過濾膜各放置 30 個孢子或孢子堆，將過濾膜兩次對折後以濾紙包住，埋入已吸水之 7 吋盆裝消毒河沙(pH 7.34)中，再置於 20, 24, 28 及 32℃之定溫箱中。每隔 4, 7, 9, 11, 13 及 15 天，由定溫箱的盆缽中，各取出一片過濾膜，以 0.5% Trypan blue 將孢子、發芽管染色，於解剖顯微鏡下觀察孢子發芽情形並紀錄發芽數(呂 1994；Phillips & Hayman 1970)。另外，單獨測定 20℃下，四個菌種之孢子發芽情形，取樣調查以週為單位，至包埋後第六週為止，各菌種每週由盆缽中各取出一片過濾膜，經染色後觀察並紀錄發芽數。

結　　果

Glomus aggregatum 與 *G. etunicatum* 在 2001 年不同接種期之繁殖情形

G. aggregatum 與 *G. etunicatum* 在 2001 年全年不同時期接種，調查結果如圖 1，供試兩個菌種在當年的 1-4 月間接種(平均氣溫 21.6±6.7℃)，14 週採收時可以獲得較多的孢子，其中 Ga 百克土孢子(堆)數最高可達 95，Ge 則有 8738。其次是 8-9 月間接種(平均氣溫 26.8±3.3℃)，在此期間接種，孢子數量較 1-4 月接種者為低，其中 Ga 百克土孢子(堆)數最高可達 35，Ge 則為 5324。5 至 7 月(平均氣溫 27.2±2.7℃)以及 10-12 月(平均氣溫 20.5±6.8℃)接種者，孢子數量偏低，Ga 甚至未有孢子產生。Ga 除了 11-12 月接種，菌根形成率較低外，大致維持在 40-70%之間，Ge 之菌根形成率，則呈現不規則變化，範圍則在 20-80%之間，而兩菌種之菌根形成率高低與孢子數量多寡並無相關性。

Glomus mosseae 與 *A. scrobiculata* 在 2002-2003 年不同接種期之繁殖情形

G. mosseae 與 *A. scrobiculata* 在 2002-2003 年一整年間，不同時期之繁殖調查結果如圖 2，Gm 全年不同時期接種，均可感染且形成菌根，惟在 2-4 月間接種，菌根形成率偏低，孢子數量較高之接種期，在 5-10 月間(平均氣溫 27.2±3.4℃)，百克土孢子數最高可達 1624，而 11 月到隔年 4 月間接種(平均氣溫 20.5±6.6℃)，雖然菌根形成率高，但是孢子數量偏低。As 在 5-9 月間(平均氣溫 27.5±3.2℃)接種比較容易感染及產孢，百克土孢子數最高可達 5248，10 月到隔年 4 月間接種(平均氣溫 20.9±7℃)，菌根形成率偏低甚至不感染，因此也無孢子產生。此兩菌種之菌根形成率高低與孢子數量多寡無相關性。

四種叢枝菌根菌在不同溫度下之發芽調查

四種叢枝菌根菌 Ga, Ge, Gm 及 As 之孢子，在 20, 24, 28 及 32℃定溫箱中，經 4, 7, 9, 11, 13 及 15 天之培養，各菌種孢子發芽情形如圖 3。在 20, 24, 28 及 32℃下，Ga 最高發芽率分別為 9.5, 28, 59.1 及 65.4%，各出現在第 15, 11, 11 及第 4 天；Ge 分別為 37.5, 46.7, 23.5 及 60%，各出現在第 13, 11, 11 及第 15 天，惟 Ge 在 32℃第 9 天，孢子發芽率已達 43.8%；Gm 孢子在 24℃皆未發芽，20℃下僅在第 11 天有 4.5%孢子發芽，在 28℃下第 7-15 天皆有孢子發芽，其中發芽率以第 7 天之 23.1%最高，32℃下以第 9 天之 20%最高；As 孢子發芽僅見於 24 與 28℃，孢子發芽率分別為 3.3 與 25%，各出現於第 11 與第 13 天。四個菌種之孢子，在 20℃定溫箱培養，每週取樣調查，至包埋後第 6 週為止，各菌種之孢子發芽情形如圖 4，由結果可知，各菌種在 20℃之發芽率，並不會隨著較長時間的培養而提高其發芽率。供試四個菌種之孢子發芽如圖 5，發芽管均為雙叉分枝，Gm 在發芽管之間會有囊泡(Vesicles)形成。

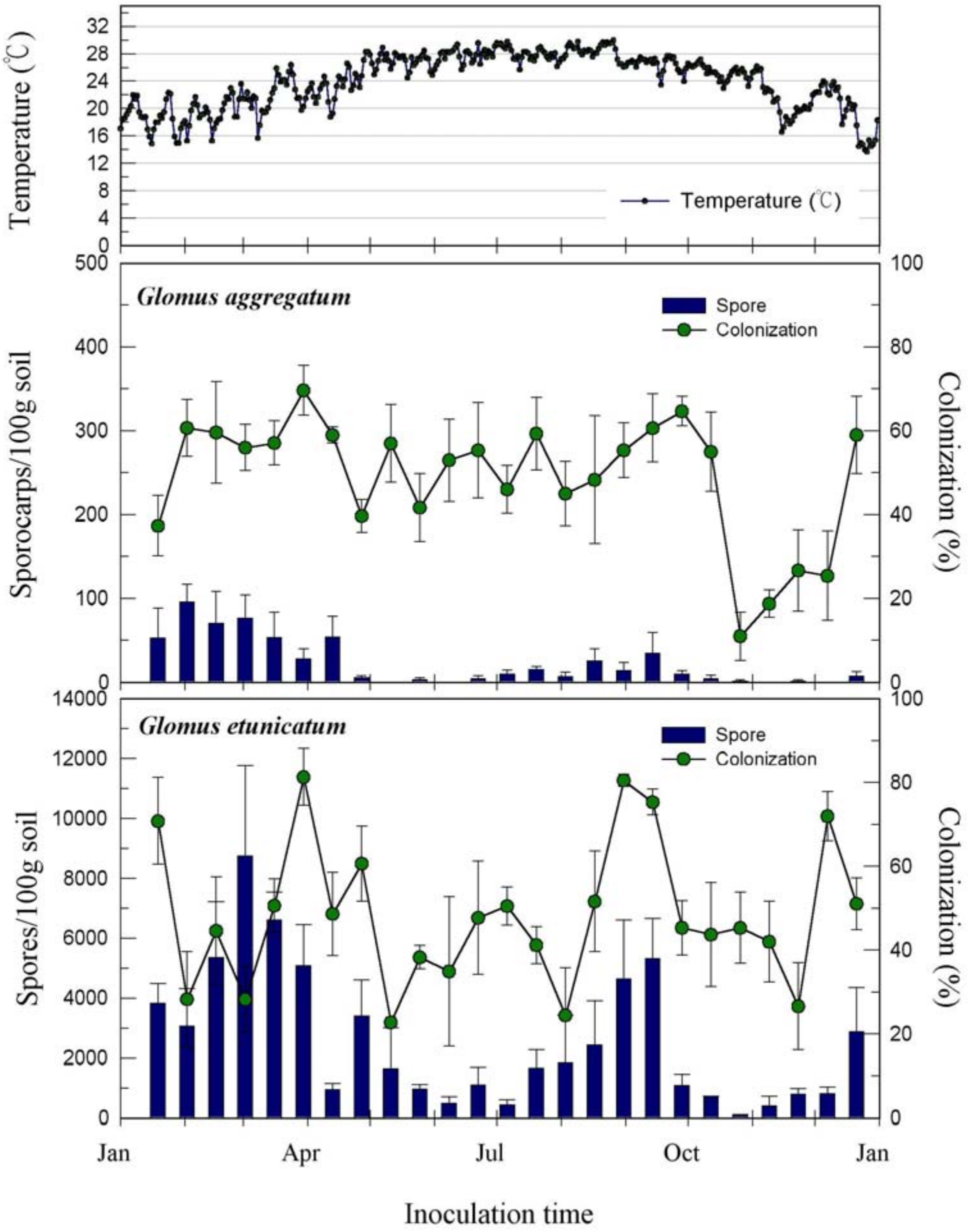


圖 1. 接種期對 *Glomus aggregatum* 與 *G. etunicatum* 在盆栽百喜草產孢之影響。

Fig. 1. Effect of inoculation time on spore production of *Glomus aggregatum* and *G. etunicatum* on bahiagrass in pot culture in 2001 (Bars indicate standard error).

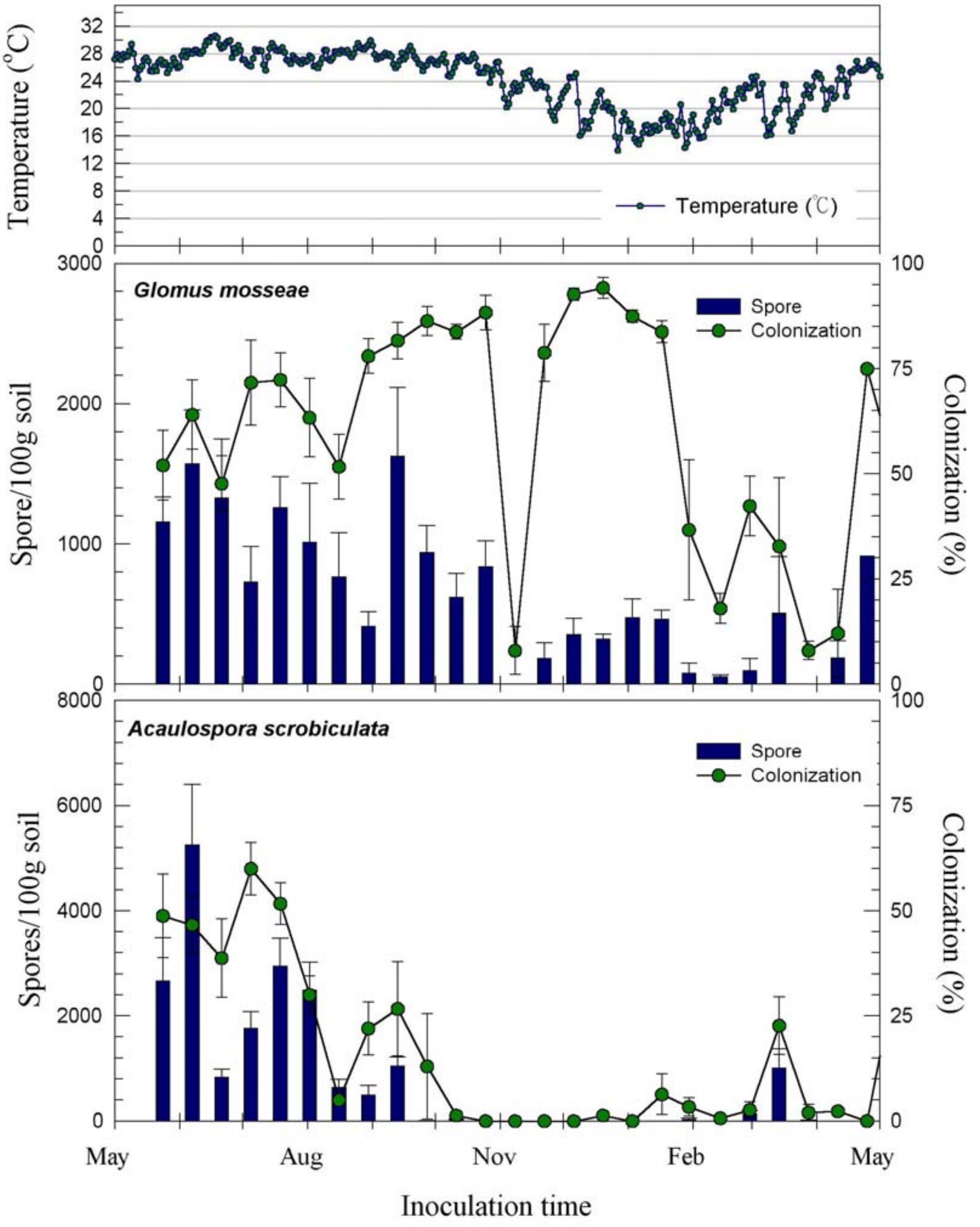


圖 2. 接種期對 *Glomus mosseae* 與 *Acaulospora scrobiculata* 在盆栽百喜草產孢之影響。

Fig. 2. Effect of inoculation time on spore production of *Glomus mosseae* and *Acaulospora scrobiculata* on bahiagrass in pot culture in 2002-2003 (Bars indicate standard error).

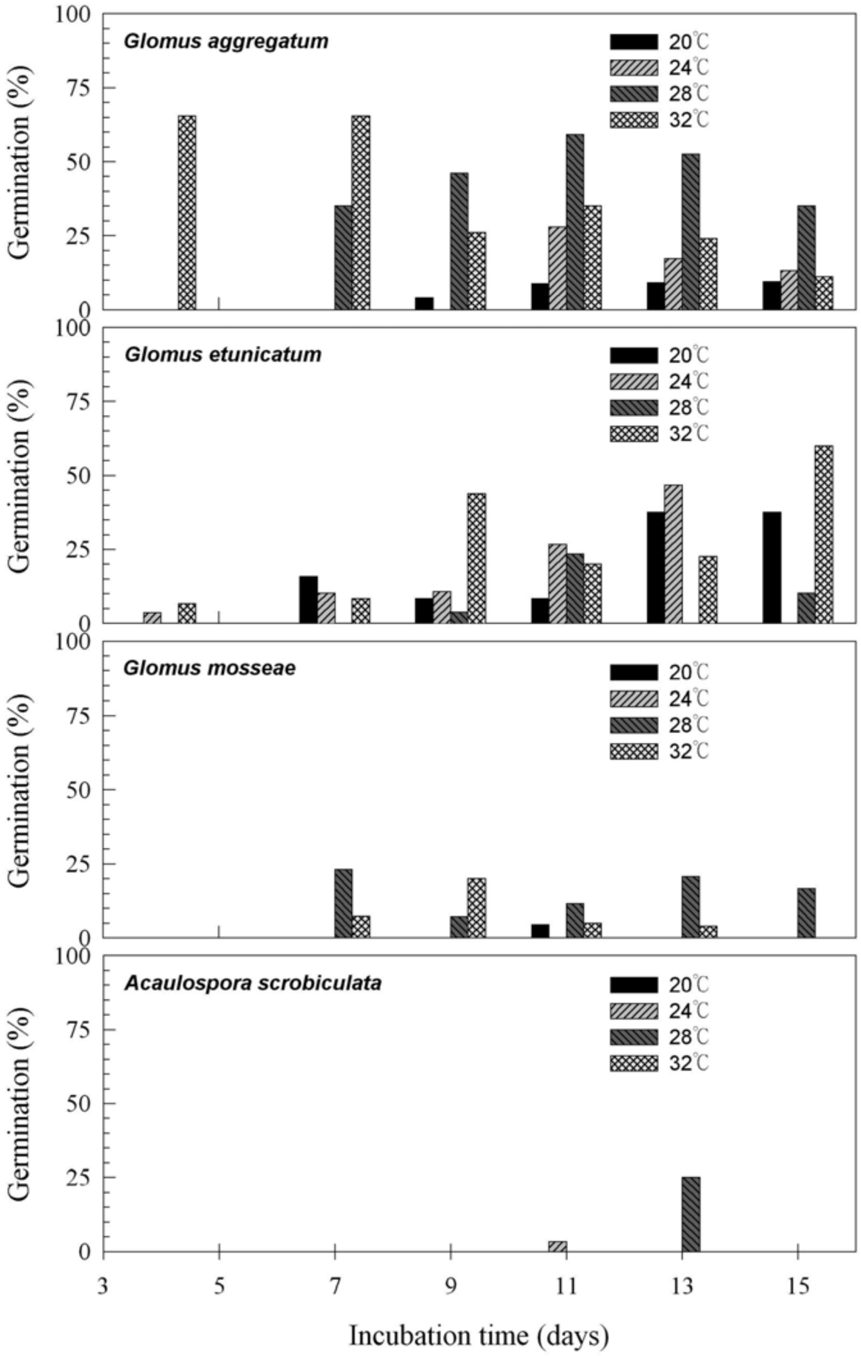


圖 3. 溫度對四種叢枝菌根菌孢子發芽之影響。

Fig. 3. Effect of temperature on spore germination of 4 species of arbuscular mycorrhizal fungi in laboratory for 15 days.

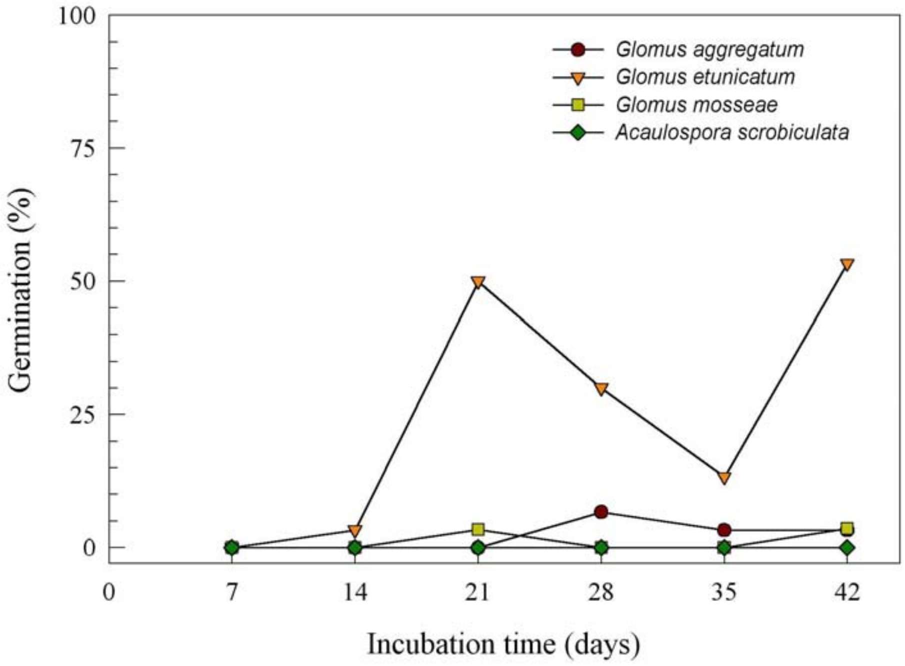


圖 4. 溫度對四種叢枝菌根菌在 42 天培養時間之孢子發芽影響(20℃)。

Fig. 4. Effect of temperature on spore germination of 4 species of arbuscular mycorrhizal fungi in laboratory for 42 days (20℃).

討　　論

叢枝菌根菌 Ga, Ge, Gm 及 As 孢子產量，隨接種時期之不同而有差異，以月份區分，產孢量較高的接種月份，Ga 在 1-4 月，Ge 在 1-4 月及 8-9 月，Gm 在 5-10 月，As 則在 5-9 月中，但是除了 As 外，其餘三個菌種幾乎整年均可繁殖並產生孢子，其差異僅是孢子量多寡之分，此與 An 等人(1993)之田間調查報告，認為秋天主要繁殖體才是孢子有些許不同，可能叢枝菌根菌繁殖有地理上的差異，屬於熱帶與亞熱帶的臺灣，菌種產孢受季節之影響，不似溫帶地區明顯，而與菌種本身有關，因為供試四個菌種中，Gm 與 As 兩者在夏季時的產孢量最高，而楊氏(1997)供試之三個菌種 Gm, Gf 及 Gig，顯示最佳產孢季節亦在夏季；另外可能原因在於盆栽與田間試驗的差異，盆栽方式對宿主生長有其侷限性，容易在養份與空間上造成宿主生長的限制，間接促使叢枝菌根菌產生孢子以保存後代。

一般而言生物在遇到逆境(Stress)時，傾向於繁衍後代以保存族群，叢枝菌根菌面對逆境可能亦有相同現象，而逆境的種類有氣候、土壤及宿主等。由於叢枝菌根菌為共生性真菌，菌根形成可以幫助宿主吸收土壤中的養分，叢枝菌根菌則自宿主獲得有機物質而持續生長，兩者維持穩定的平衡，形成共生關係，但是當逆境來臨，叢枝菌根菌為了繁衍後代，必然須由宿主擷取較多養份，以供其產孢之用。不同菌種每百克土壤可產生最多孢子數，除了來自宿主養分的供給量外，菌種本身孢子大小也是決定因素之一，在供試四個菌種中，Gm 孢子最大，每百克土孢子數最高僅達 1624，其次是 As，每

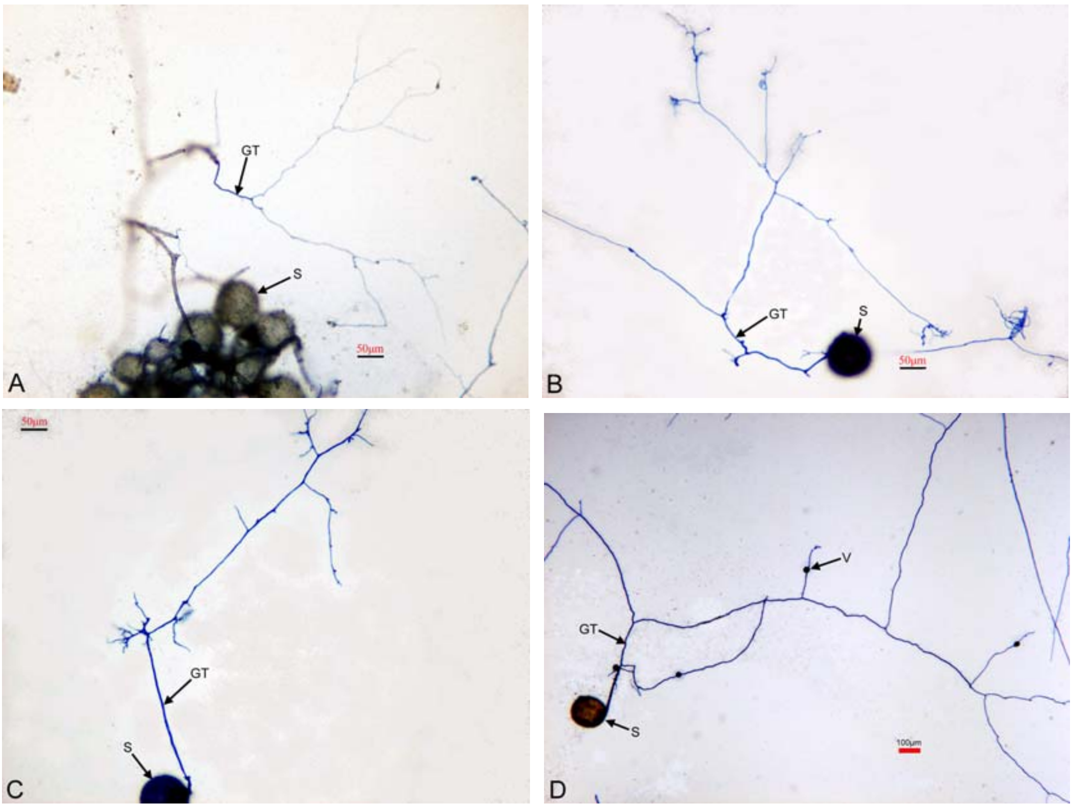


圖 5. 四種叢枝菌根菌之孢子發芽情形。A: *Glomus aggregatum*, B: *Acaulospora scrobiculata*, C: *G. etunicatum*, D: *G. mosseae*，箭頭英文標示分別為 S 孢子, GT 發芽管, V 囊泡。

Fig. 5 Spore germination of 4 AM fungi. S：Spore；GT：Germination tube；V：Vesicule；A: *Glomus aggregatum*；B: *Acaulospora scrobiculata*；C: *G. etunicatum*；D: *G. mosseae*.

百克土孢子數最高可達 5248，孢子較小的 Ge，每百克土孢子數最高可達 8738，Ga 雖然是供試菌種中孢子最小，每百克土孢子堆最高可達 95，但是每個孢子堆的孢子數可從數十到數百個不等，加上根段內常有許多孢子存在，因此其孢子總產量應高於 Ge。除了宿主、叢枝菌根菌菌種影響孢子產量之外，由叢枝菌根菌孢子發芽、侵入、菌根生長到產孢，環境條件亦是重要的影響因子，如土壤肥力、酸鹼值與氣候因子等，因此不同的叢枝菌根菌菌種在宿主、環境等因子相互作用下，可能各有最適產孢時期與最大孢子產量，能夠瞭解影響每個菌種產孢的條件，應可提高孢子產量。吾等以玉米繁殖 Gm，每盆接種 50 個孢子，探討整個生育期孢子量的變化，顯示接種後第 7 週孢子出現，而後逐漸增加，至接種後第 11-12 週達到最高，然後逐漸降低(莊&程 1999)，但是收穫期可能隨著宿主、菌種及環境等條件不同而改變，本研究將採收期固定在接種後第 14 週，並無法反映每個菌種在不同繁殖時期真正產孢量，且初次接種源用量對宿主植物產孢量有正相關(楊 1997)，但提高初次接種源用量，是否可縮短菌種達到產孢高峰期則有待證明，本研究使用之初次接種源數量為 30 個孢子或 5 個孢子堆可能偏低，加上各菌種孢子發芽率的高低不同，真正可以發芽感染並侵入的初次感染源可能更低，其結果可能延長菌根發展及達到最高產孢量的時間。

影響叢枝菌根菌繁殖的因子很多，溫度即是其中之一，從孢子發芽、發芽管生長、侵入、菌根形成到孢子產生，可能都有最適的溫度範圍，Siqueira 等人(1985)認為叢枝菌根菌孢子對溫度表現出生理適應(Physiological adaptation)，如孢子發芽適溫會隨地區而有不同。臺灣位處熱帶、亞熱帶，叢枝菌根菌孢子發芽適溫，理論上應該偏高，而吾等所比較的四個叢枝菌根菌，在 20, 24 ,28 及 32℃下，顯示 Ga 與 Ge 發芽溫度範圍較廣，但在 32℃可以在較短時間達到較高的發芽率，Gm 雖然適宜發芽溫度範圍稍窄，但在 28℃下 7 天也有 23.1%的發芽率，頗為吻合上述生理適應的說法，而 As 發芽試驗結果較為特殊，可能尚有其他重要因子與孢子發芽有關，有待進一步探討，而發芽管的萌發除了 As 外，其餘三菌種均由孢子(堆)柄萌發(圖 5)，Ge,Gm 發芽管分枝情形與小囊泡形成，與許氏(1990)與呂氏(1994)之描述情形相符。利用濾膜表面發芽法測定叢枝菌根菌孢子發芽，具有簡單快速的優點(呂 1994)，但是孢子未經消毒，因此挑取之孢子雖然外觀看似完整，但在觀察發芽時，可見這些無法發芽的孢子均已崩解，另外在較高測試溫度下，濾膜表面有許多生長旺盛的微生物，可能間接或直接影響孢子發芽及發芽管的生長，此種情形可在過濾膜滴上 PVLG(Polyvinyl-Lacto-Glycerol)，除去其上生長的雜菌以幫助觀察；由於上述之因素，造成部分發芽率調查結果產生缺值情形，因此叢枝菌根菌孢子表面的微生物，可能也是影響發芽的因素之一。溫度除了影響孢子發芽外，對於發芽管生長、侵入及菌根發展，可能都有其最適溫度範圍，Smith & Roncadori (1986)比較三種叢枝菌根菌在四種土壤溫度下之反應，及其對棉花生長之影響，發現土溫在 18℃感染率皆低於 10%，土溫在 24℃或以上，棉花菌根形成率在 57-80%之間，而比較吾等四個叢枝菌根菌接種期試驗結果，Ga 在一到十月間接種者，菌根形成率在 40-70%，Ge 全年不同時間接種者，菌根形成率在 20-80%，Gm 在五月到隔年一月間接種者，菌根形成率在 50%以上，As 在十月到隔年四月間接種者，菌根形成率低於 25%以下，且多數情形是未感染，由電子溫溼度紀錄器所得資料顯示，五月到十月日平均溫度在 24℃以上，十一月至隔年四月日平均溫度在 24℃以下，顯示吾等所用菌種，在日均溫高於 24℃以上，比較有利於菌根發展。許多研究報告顯示，菌根形成率高低與孢子產量間並無相關性，由表 1, 2 顯示，菌根形成率高者，孢子數並非最高，可能與固定 14 週採樣調查有關，在吾等(莊&程 1999)報告中，以玉米繁殖 Gm，每隔一週採樣調查，顯示菌根形成率與孢子數均在第 11 週達到最高，因此兩者間可能仍存在正相關性，而一些報告認為兩者間並無相關性，原因可能在採樣點的選擇，這個菌根形成率與產孢量最高的採樣點，可能也會隨菌種、宿主種類及環境條件而改變。

誌 謝

本文文稿完成後，承蒙美國夏威夷大學植病系柯文雄教授對英文摘要之斧正，特此致謝。

引用文獻

王均琍、陳昇明。1997。影響繡球孢子屬叢枝內生菌根菌孢子萌芽之因素。中華真菌學會會刊。12:109-116。

呂斯文。1994。囊叢枝菌根菌之無土介質接種、接種源生產及菌種篩選研究。國立台灣大學園藝學研究所博士論文。p.70-89。

許書國。1990。三種囊叢枝菌根菌之孢子發芽試驗；綠蘆筍新雜交品系之生長評估與菌根反應。國立台灣大學碩士論文。127 pp.。

莊明富、程永雄。1999。泥炭苔對叢枝菌根菌繁殖之影響。中華農業研究。48:64-70。

楊坤忠。1997。叢枝菌根菌接種源之大量生產與在四種果菜上之應用。國立台灣大學碩士論文。135 pp.。

An, Z. Q., B. Z. Guo, and J. W. Hendrix. 1993. Populations of spores and propagules of mycorrhizal fungi in relation to the life cycles of tall fescue and tobacco. Soil Biol. Biochem. 25:813-817

Augé, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza 11:3-42.

Dehne, H. W. 1982. Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. Phytopathology 72:1115-1119.

Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet-sieving and decanting. Trans Br. Mycol. Soc. 46:235-244.

Gilmore, A. E. 1968. Phycomycetous mycorrhizal organisms collected by open-pot culture methods. Hilgardia 39:87-105.

Juge, C., J. Samson, C. Bastien, H. Vierheilig, A. Coughlan, and Y. Piché. 2002. Breaking dormancy in spores of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*: a critical cold-storage period. Mycorrhiza 12:37-42.

Klironomos, J. N. and M. M. Hart. 2002. Colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi using different sources of inoculum. Mycorrhiza 12:181-184.

Koide, R. T. and B. Mosse. 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. Mycorrhiza 14:145-163.

Morton, J. B. and G. L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon 37:471-491.

Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55:158-161.

Schüßler, A., D. Schwarzott, and C. Walker. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycol. Res. 105:1413-1421.

Simpson, D. and M. J. Daft. 1990. Spore production and mycorrhizal development in various tropical crop hosts infected with Glomus clarum. Plant and Soil 121:171-178.

Siqueira, J. O. D. M. Sylvia, J. Gibson, and D. H. Hubbell. 1985. Spores, germination, and germ tubes of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Can. J. Microbiol. 31:965-972.

Smith, G. S. and R. W. Roncadori. 1986. Responses of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi at four soil temperature and their effects on cotton growth. New Phytologist 104:89-95.

Smith, G. S. 1988. The role of phosphorus nutrition in interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi with soilborne nematodes and fungi. Phytopathology 78:371-374.

Struble, J. E. and H. D. Skipper. 1988. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungal spore production as influenced by plant species. Plant and Soil 109:277-280.

Tommerup, I. C. 1983. Spore dormancy in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Trans. Br. Mycol. Soc. 81:37-45.

Effects of Inoculation Timing on Spore Production and Temperature on Spore Germination of Arbuscular Mycorrhizal Fungi[1]

Ming-Fuh Chuang[2] and Yung-Hsiung Cheng[2,3]

Summary

Chuang, M. F. and Y. H. Cheng. 2005. Effects of inoculation timing on spore production and temperature on spore germination of arbuscular mycorrhizal fungi. J. Taiwan Agric. Res. 54:184-194.

Bahiagrass roots were inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus aggregatutm* (Ga), *G. etunicatum* (Ge), *G. mosseae* (Gm) and *Acaulospora scrobiculata* (As) every two weeks for one year, and spores of these fungi placed on membrane filters were embedded in sterilized sand and incubated at 20, 24, 28 or 32℃. Results show that all three species of *Glomus* were capable of infecting bahiagrass roots and forming mycorrhiza all the year. However, As was able to form good mycorrhiza only when bahiagrass root were inoculated in May-September. When inoculation was performed in the other months of the year, mycorrhizal formation by this fungus was very poor or not at all. Inoculation periods favorable to spore production were January-April for Ga, January-April and August-September for Ge, May-October for Gm, and May to mid September for As. In these periods, average numbers of spores per 100g soil produced by Ga, Ge, Gm and As were 54, 4024, 1019 and 2010, respectively. The temperature range suitable for germination was broader (20-32℃) for Ga and Ge. High germination rates occurred at 28, 32℃ for Ga, and 20, 24 and 32℃ for Ge. As the temperature increased, the time needed for obtaining high germination rate decreased. The optimum temperature for spore germination of Gm and As was 28℃, but germination rates were low for As at the four temperatures tested. Our results show that the three species of *Glomus* tested can infect bahiagrass roots and produce spores all the year due to their broad temperature range for spore germination. Factors required for high germination rate of As remain to be investigated.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi, Propagation, Temperature, Germination.

---

1. Contribution No.2236 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: September 27, 2005.

2. Respectively, Assistant Research and Director, Chiayi Agricultural Experiment Station, ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, e-mil: cyh@dns.caes.gov.tw; Fax: (05)2773630.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:195~206 (2005)

山藥種原外表形態及分子標記之變異研究[1]

賴瑞聲[2,3]　高瑞隆[2]　林義恭[2]　胡敏夫[2]　劉新裕[2]

摘　　要

賴瑞聲、高瑞隆、林義恭、胡敏夫、劉新裕。2005。山藥種原外表形態及分子標記之變異研究。台灣農業研究 54:195-206。

三十二個山藥參試品種(系)屬於 8 個物種及 1 個變種，包括 *Dioscorea alata* L.(17 個)、*D. alata* L. *var. purpurea*(3 個)、*D. batatas*(5 個)、*D. pseudojaponica*(2 個)、*D. doryphora*(1 個)，*D. escunlenta*(1 個)、*D. bulbifera*(1 個)、*D. rotundata*(1 個)及 *D. persimilis*(1 個)進行外表形態調查及 RAPD 分子性狀分析，以探討物種間及物種內之變異。取其葉片 DNA 進行 RAPD 分析，在 40 個逢機引子對中，有 12 個引子對可穩定擴增出 43 個多型性片段，進一步進行群組分析時可明確分成七群，與物種歸屬符合，其中以 *D. alata* 為最大群，種內可分為五小群，分別為塊狀薯群、罐形薯群、紅皮白肉山藥群、紅肉山藥群、長薯山藥群，而優良品系大汕二號與台農 2 號明顯不同。儘管同一群內品種(系)分子鑑定仍有困難，但外表形態分群結果與 RAPD 分析分群相呼應，表示可依種群進行特色開發，進行群內品系選育，以達到多樣化育種目的，可讓消費者有更明確的選擇。

關鍵詞：山藥、外表形態、分子標記。

前　　言

山藥(*Dioscorea spp.*)在全世界超過 600 個種，其地下塊莖(擔根體)可作為食用及藥用，主要的食用山藥是 *D. alata* 及 *D. rotundata* 二個種，在 *D. alata* 種中有最大變異，染色體倍數有 2N=20，40，60 或 80，形態也有不同，開花結實特性也有差異，高度多倍體多為不稔(Abraham & Nair 1991；Abraham 1998)；受到矚目的藥用成分是薯蕷皂苷(diosgenin)，可作為脫氫異睪固酮(dehydroepiandrosterone, DHA)生產原料，其含量高低在物種間有極大差異，生藥工業最常利用的是 *D. composita* 及 *D. floribunda* 二個物種(Martin 1969)。台灣地區有 14 個山藥物種及 4 個變種(Huang & Hsia 2000)，目前之栽培品種系主要源自 5 個物種：*D. alata, D. batatas, D. bulbifera, D. doryphora,及 D. pseudojaponica*，有台灣原生品系，或由大陸、日本地區引進者，現有品種(系)超過 100 個，各有不同特性，產量、品質差異甚大(劉等 1999)。Salda 等學者(1998)以 *D. alata*, *D. esculenta*, *D. hispida*, *D. pentaphylla* 及 *D. rotundata* 五個種之 15 個品系山藥粉為材料，針對與食品加工有關之澱粉特性(直鏈澱粉含量、膨脹體積、糊化溫度、麵糊黏性及膠體質地)進行評估，結果顯示種間及種內有明顯差異，野生及栽培種的 *D. pentaphylla* 與

---

1. 行政院農委會農業試驗所研究報告第 2238 號。接受日期：94 年 9 月 9 日。
2. 本所農藝組助理研究員、助理研究員、助理研究員、副研究員、研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：larry@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

D. alata 澱粉特性變域大，具有麵條製作及高黏性加工需求的開發潛力；喀麥隆(Cameroon)地區 8 個山藥物種(98 個品種)在乾物重、澱粉、脂質及蛋白質等含量在種間有差異，尤其蛋白質含量歧異度最大，種內不同品種也可據以區別(Agboregbe & Treche 1995)。藥用山藥(*D. floribunda*)雌性株品系之塊莖產量及薯蕷皂苷含量分別比雄性株品系高出 60％及 83％(Singh *et al.* 1995)。

近年來山藥受到台灣地區消費大眾的喜愛，種植面積增加，但品種(系)多以山藥或淮山為名流通，造成市場的紊亂，如何確認品種(系)之外表形態及親緣性，不但是山藥種原收集之必備資料，也是進行多樣化品種選育的參考資料。本所目前依形態將收集的品種(系)分為三大類：方莖白肉類、圓莖白肉類及紅肉類(劉等 2000)，但品種(系)間之區分尚未建立。外表形態調查一直是品種鑑別的主要參考，但易受到環境的影響而不穩定，配合蛋白質及 DNA 分子標誌進行品種鑑別及親緣性探討，會使得變異研究更為準確。本試驗以 32 個山藥品種(系)為材料，藉由外表性狀調查及 RAPD 分子標記分析，期望能對山藥進行更精確的分類，可作為多樣化品種選育之重要參考。

材料與方法

參試品種系

本試驗所用材料為方莖白肉類、圓莖白肉類及紅肉類山藥共 32 個山藥品種(系)，分別屬於 8 個物種及 1 個變種，品種(系)名稱及類別詳如表 1。32 個山藥品種(系)於 2001 年 4 月間種植於台中霧峰本所試驗田，行株距為 150cm×30cm，四重複，每一重複種植 20 株，採穴植管引導栽培方式。

外表性狀及生育特性調查

依山藥生長時序進行外表形態調查：(1)幼苗第一葉展開時間：莖蔓大於或小於 30cm 時。(2)塊莖形成時間：萌芽隨即形成或萌芽二個月之後。(3)莖形態：形狀、左右旋性(順逆時針)、莖徑、翼及刺的有無。(4)葉片形態：包括葉片形狀、質地、葉序、葉柄顏色。(5)零餘子含量：有無及重量。(6)開花特性：開花有無，雌花或雄花。

逢機擴增核酸序列多型性(RAPD)分子標記分析

DNA 萃取：以 CTAB-PVP 法抽取 32 個山藥品種(系)之幼嫩葉片 DNA。秤取山藥幼葉 0.1g，於研缽中加入液態氮磨成粉狀，未潮解時加入 600µl 2%CTAB 萃取緩衝液(2%CTAB; 1.4M NaCl; 100mM Tris-HCl, PH8.0; 20mM EDTA; 0.2% β-mecaptoethanol)，充分拌勻後裝入 1.5ml 小離心管，於 65℃水浴中加熱 30 分鐘，加熱期間須不時混合。以 14000rpm 離心 10 分鐘，將上清液倒至另一小離心管，每管加入 600µl chloroform/ isoamylalcohol(24:1, v/v)劇烈震盪使呈乳液狀態，再以 14000rpm 離心 10 分鐘使二液相分離，取上清液至新離心管，加入 40µl 10%CTAB(含 0.7M NaCl)及 400µl chloroform/ isoamylalcohol 混合，再以 14000rpm 離心 10 分鐘使二液相分離。取約 400µl 上清液至另一離心管，每管加入 400µl CTAB 沈澱緩衝液(1%CTAB; 50mM Tris-HCl, PH8.0; 10mM EDTA)，置於冰上 15-20 分鐘，而後以 14000rpm 離心 10 分鐘，倒除上清液，沈澱物即為 DNA。加入 400µl high-salt TE(10mM Tris-HCl, PH8.0; 1mM EDTA; 1M NaCl)清洗 DNA，再加入 800µl 95%ethanol，以 14000rpm 離心 15 分鐘。倒除上清液，加入 400µl 75%ethanol 靜置 10 分鐘以清洗鹽類，而後倒除清洗液，倒蓋 10 分鐘使 DNA 乾燥。加入 100µl 無菌蒸餾水以溶解 DNA。取 10µl DNA 原液加入 990µl 蒸餾水(即稀釋 100 倍)，利用分光光度計測定 OD_{260} 及 OD_{280} 吸光值。

原液 DNA 濃度(ng /µl)= OD_{260} 讀值×100(稀釋倍數)×50(係數)

RAPD 分析：以 Operon 公司(Operon Technologues, Alameda, Calif)的 10-mer 逢機引子 OPA 及 OPB

二組共 40 個逢機引子進行 PCR 擴增。反應利用 Perkin Elmer 公司之 Gene Amp TM PCR System9700 進行反應。反應總體積為 10µl，內含 50mM $MgCl_2$，200µM dNTP(dATP, dTTP, dCTP, dGTP)，0.5µM 的逢機引子，約 10ng 植體 DNA 及 5U/µl *Taq* DNApolymerase，總體積以無菌蒸餾水補足 10µl。PCR 反應條件為 94℃ 2 分鐘，再以 94℃ 60 秒，36℃ 30 秒，72℃ 90 秒，循環 2 次；94℃ 20 秒，36℃ 20 秒，72℃ 90 秒，循環 40 次，所得擴增產物進行電泳分析。

電泳分析：PCR 擴增產物於 2% Agarose 膠片進行電泳分析(100V 電壓，40 分鐘)，再於 0.5µg/ ml EtBr 染色及蒸餾水退染各 15 分鐘，記錄有多型性之條帶。

統計分析：多型性條帶之有、無以 1、0 記錄，依 Jaccard (1908)定義計算遺傳相似度，再以 UPGMA Cluster procedure 進行群組分析，探討品系間之親緣性。所用統計分析軟體為 NTSYS(Version 2.01b, Applied Biostatistic InC.)。

表 1. 32 個山藥參試品種（系）類別及名稱
Table 1. The clusters and names of 32 yam varieties (lines) in this experiment

Cluster	Variety (line)	Chinese name	Species
Cluster of quadrangular stem and white flesh tuber（方莖白肉類）	Tainung 1	台農 1 號	*Dioscorea alata L.*
	Chun rih	春日品系	*D. alata.*
	TUBA		*D. alata*
	Tainung 2	台農 2 號	*D. alata*
	Da shan line 2	大汕二號	*D. alata*
	Tai ya	泰雅品系	*D. alata*
	Line 11	品十一	*D. alata*
	Da shan line 3	大汕三號	*D. alata*
	San zhi A	三芝 A	*D. alata*
	Zhong guo chang	中國長	*D. alata*
	Bei tou	北投品系	*D. alata*
	Hong pi chang	紅皮長品系	*D. alata*
	Er cih	二刺品系	*D. alata*
	Da ye shou feng	大葉壽豐	*D. alata*
	Yang ming shan	陽明山	*D. alata*
	F155		*D. alata*
	ALA014	新加坡品系	*D. alata*
Cluster of red flesh tuber（紅肉類）	Ming jian chang hong	名間長紅	*D. alata L. var. purpurea*
	Zih yu xie shu	紫玉血薯	*D. alata L. var. purpurea*
	Pu li line 1	埔里一號	*D. alata L. var. purpurea*
Cluster of round stem and white flesh tuber（圓莖白肉類）	Xiao ye shou feng	小葉壽豐	*D. batatas Decne*
	Da huai	大淮品系	*D. batatas*
	D89A1		*D. batatas*
	D89B1		*D. batatas*
	Cing sen	青森品系	*D. batatas*
	Ji long	基隆品系	*D. pseudojaponica Yamam*
	Ba gua shan yuan sheng	八卦山原生	*D. pseudojaponica*
	Heng chun	恆春品系	*D. doryphora Hance*
	Jia yi mi shu	嘉義蜜薯	*D. escunlenta*
	Huang yao shu	黃藥薯	*D. bulbifera*
	Zhong liao	中寮品系	*D. persimilis*

結 果

地上部外表性狀調查

三十二個山藥參試品種(系)於 2001 年 4 月初種於田間，依時序調查幼苗形態、生長勢及成熟植株莖、葉片形態，以及生育後期之開花與否等地上部外表形態，重要性狀調查結果列如表 2。其中 *D. alata* 莖為方形或多稜形，是與其他種區分的重要依據，台農 1 號莖的翼為綠色且小於 1mm，而二刺品系

表 2. 山藥品種（系）地上部外表形態調查
Table 2. Plant morphological trait investigation of yam

Species	Variety (line)	First leaf expanding[z]	Tuber initiation[y]	Stem characteristic[x]	Leaf characteristic[w]	Aerial bulbils	Flowering
D. alata	Tainung 1	E	L	Gq, GW<1mm, tAC, SD0.5~0.8cm	GCco, Ll ≧ 12cm, AbOa, GP	No	No
	Chun rih	E	L	Gq, PW<1m, tAC, SD0.5~0.8cmm	GCch, Ll ≧ 12cm, AbOa, GPpbe	No	No
	TUBA	E	L	Gq, PW<1mm, tAC, SD0.5~0.8cm	GCch, Ll ≧ 12cm, AbOa, GPpbe	No	No
	Da shan line 2	E	L	Gq, Gwpe<1mm, tAC, SD0.5~0.8cm	GSco, Ll ≧ 12cm, AbOa, GP	No	No
	Tai ya	E	L	Gme at base without spine and wing, Gq at above, GW<1mm tAC, SD0.5~0.8cm	GCco, Ll ≧ 12cm, AbOa, GP	No	No
	Tainung 2; Da ye shou feng; Da shan line 3; Line 11; San zhi A	E	L	Gq, Gwpe<1mm, tAC, SD0.5~0.8cm	GCch, Ll ≧ 12cm, AbOa, GP	No	No
	Zhong guo chang; Bei tou; Hong pi chang	E	L	Gq, Pw<1mm, tAC, SD0.5~0.8cm	GSch, Ll ≧ 12cm, AbOa, GPpbe	No	No
	Er cih	E	L	Gq, GW≧2mm, tAC, SD0.5~0.8cm,	GSch, Ll ≧ 12cm, AbOa, GP	No	No
	ALA014	E	L	Gq, GW<1mm, tAC, SD 0.5~0.8cm	GSch, Ll ≧ 12cm, AbOa, GP	No	No
	Yang ming shan; F155	E	L	Gme, Spb, tAC, SD 0.5~0.8cm	GCco, Ll ≧ 12cm, AbOa, GP	No	No
D. alata L. var. purpurea	Ming jian chang hong; Zih yu xie shu; Pu li line 1	E	L	Gq, PW<1mm, tAC, SD 0.5~0.8cm	GSch, Ll ≧ 12cm, AbOa, GPpbe	No	No

[z] First leaf expanding: E=early, stem length≦30cm; L=late, Stem length＞30cm.

[y] Tuber initiation: E=early, as soon as shoot emergence; L=late, more than two months after shoot emergence.

[x] Stem characteristic: Gq= Green quadrangular stem; Gr= Green round stem; PGr= Purple green round stem; Gme= Green multi-edged stem; Gmeb= Green multi-edged stem at base; Br= Brownish round stem; tAC= twining anticlockwise; tC= twining clockwise; SD= stem diameter; GW= green wing; GWpe= green wing with purple edge; PW= purple wing,; SPa= spine on above stem; SPb=spine on base stem; SPab= spine on above and base stem; FH=fine hair on the stem.

[w] Leaf characteristic: GCco= Green cordate coriaceous leaf; GCch= Green cordate chartaceous leaf; GSco= Green sagittate coriaceous leaf; GSch= Green sagittate chartaceous leaf; GSLco=Green sagittate long coriaceous leaf; GOLco= Green ovate long coriaceous leaf; GHch= Green hastate chartaceous leaf, Ll=leaf length; AbOa = leaf position alternate at base and opposite above; GP= green petiole; GPpbe= green petiole with purple at both end.

表 2. 山藥品種（系）地上部外表形態調查（續）
Table 2. Plant morphological trait investigation of yam (continued)

Species	Variety (line)	First leaf expanding[z]	Tuber initiation[y]	Stem characteristic[x]	Leaf characteristic[w]	Aerial bulbils	Flowering
D. pseudojaponica	Ji long	L	E	Gr, tAC, SD≦0.4cm	GSLco, Ll≦10cm, AbOa, GP	Yes，<2g	Yes
	Ba gua shan yuan sheng	L	E	Gr, tAC, SD≦0.4cm	GOLco, Ll≦10cm, AbOa, GP	Yes，<2g	Yes
D. batatas	Xiao ye shou feng; Cing sen; Da huai	L	E	PGr, tAC, SD≦0.4cm	GCch with lobe in the middle, Ll≦10cm, AbOa, GPpbe	Yes，<2g	No
	D89B1	L	E	Gr, tAC, SD≦0.4cm	GCch with lobe in the middle, Ll≦10cm, AbOa, GPpbe	Yes，<2g	No
	D89A1	L	E	Gr, tAC, SD≦0.4cm	GCch with distinct lobe in the middle, Ll≦10cm, AbOa, GPpbe	Yes，<2g	No
D. doryphora	Heng chun	L	E	Gr, tAC, SD≦0.4cm	GHch, Ll≦10cm, AbOa, GP	Yes，<2g	Yes
D. rotundata	Africa yam	E	L	Gr, SPb, tAC, SD≦0.4cm	GCch, Ll≧12cm, AbOa, GP	No	No
D. persimilis	Zhong liao	L	L	PGr, SPb, tAC, SD≦0.4cm	GCco, Ll≧12cm, AbOa, GPpbe	Yes，>3g	Yes
D. bulbifera	Huang yao shu	L	L	Gr, tC, SD≦0.4cm	GCch, Ll≧12cm, AbOa, GP	Yes，>4g	No
D. escunlenta	Jia yi mi shu	E	L	Br, SPab, FH, tC, SD≦0.4cm	GCch, Ll≧12cm, fine hair of upper surface of yang leaf, AbOa, GP	No	Yes

翼大於 2mm，可區分這二個品種(系)。紅肉山藥(如名間長紅)及紅皮白肉山藥(如 TUBA，中國長)幼苗為紫紅色，與 *D. alata* 其他品種(系)明顯不同，並且翼為紫色，葉柄二端為紫色，是與白皮 *D. alata* 山藥區分的主要依據，然而，紅皮紅肉與紅皮白肉僅有紫色深淺之差別，以地上部來區分並不容易，此外，埔里一號與 TUBA 品系葉片明顯較大(葉片長大於 17cm)，與名間長紅及中國長等(葉片長 12～15cm)略有不同。泰雅品系心形革質葉片，莖基部為多稜形無翼，先端為方形有翼是其特徵。台農 2 號、品十一及三芝 A 等品種(系)在地上部外表形態極為相似，皆為方莖有綠色紫邊翼，心形紙質葉片，葉色為淡綠色。大汕二號為箭鏃形革質葉，葉色較濃綠，明顯與台農 2 號等不同。陽明山及 F155 品系外表形態相近，葉片革質濃綠，多稜形莖且基部有刺，可與其他 *D. alata* 品種(系)區分。

D. batatas、*D. doryphora* 及 *D. pseudojaponica* 山藥概稱為小葉圓莖山藥，葉片長度通常小於 10cm，莖圓形且莖徑小於 0.4 mm，通常有珠芽(零餘子)，常可見到植株開花。基隆品系及八卦山原生山藥同為 *D. pseudojaponica* 物種，葉片為革質細長型(寬度≦2 cm)，基隆品系葉片基部似三角形，八卦山原生為卵圓形。*D. batatas*(與 *D. opposita* 相同)物種之大陸淮山、小葉壽豐等品系莖為紫綠色，葉片為紙質，中間略有刻裂。恆春品系(*D. doryphora*)又稱戟葉山藥，戟形葉片是其主要特徵。非洲山藥

(*D. rotundata*)為綠色圓莖、紙質葉片，葉片長度一般大於 12cm。嘉義蜜薯(*D. escunlenta*)及黃藥薯(*D. bulbifera*)莖蔓為順時針旋性，與其他物種不同，是其重要特徵；嘉義蜜薯莖為褐綠色，莖上有刺及絨毛，幼葉有絨毛，而黃藥薯莖無刺無絨毛，零餘子大，多為圓形(一般直徑大於 2cm)是主要特徵。中寮品系(*D. persimilis*)為紫綠色圓莖，葉片長心形革質，葉片長度一般大於 12cm，零餘子大，多為長橢圓形，會開花，本所收集系為雌性株品系。

依外表性狀調查，整理八個山藥物種檢索表如表 3，而品種(系)最多且變異最大之 *D. alata* 之種內分群檢索表整理如表 4。八個山藥物種地上部圖片如圖 1，而 *D. alata* 物種內五個主要種群外表形態如圖 2。

RAPD 分子標記分析

利用本研究室既有之 40 個逢機引子進行 RAPD 分析，其中有 12 個逢機引子可穩定擴增 43 個多型性片段，例如圖 3 中逢機引子 OPA-10 可穩定擴增二個多型性條帶，分子量分別約為 800 及 400bp。進一步以多型性片段之有無進行遺傳相似度及群組分析結果如圖 4，可初步分為七群，尚與植物分類

表 3. 八個山藥物種外表性狀檢索表
Table 3. Key to eight yam species via plant morphological trait

1.Stem twining anticlockwise.
 2.Quadrangular or multi-edged stem, stem with wing or with spines at base; aerial bulbil absent; cordate or sagittate leaf, length≧12cm, petiole with wing -- .D. alata and D. alata var. purpurea
 2.Round stem with spine at base; cordate leaf, length≧12cm, petiole without wing.
  3.Green or brownish green stem; aerial bulbil absent; coriaceous leaf--- *D. rotundata*
  3.Purple green stem; aerial bulbil present, average weight＞3g; coriaceous leaf----------------------------------- *D. persimilis*
 2.Round stem without wing and spine; length＜10cm, petiole without wing.
  4.Cordate leaf with lobe in the middle, green petiole with purple at both end --- *D. batatas*
  4.Hastate leaf, green petiole -- *D. doryphora*
  4.Sagittate long or ovate long leaf without lobe in the middle, green petiole -------------------------------- *D. pseudojaponica*
1.Stem twining clockwise.
  5.Green round stem without spine; globular aerial bulbil, average weight＞4g; cordate leaf ------------------- *D. bulbifera*
  5.Green round stem with spine; aerial bulbil absent; cordate leaf, fine hair of upper surface of yang leaf----- *D. esculenta*

表 4. 山藥 *Dioscorea alata* 物種內外表性狀分群檢索表
Table 4. Key to different clusters within *Dioscorea. alata* species via plant morphological trait

1.Purple or purple green shoot; quadrangular stem without spine but with purple; green petiole with purple at both end.
 2.Purple yang shoot and yang leaf; distinct purple leaf vein ---Cluster of red flesh tuber（ex. Ming jian chang hong）
 2.Purple green yang shoot and yang leaf; indistinct purple leaf vein -----------------------------------Cluster of white flesh tuber with red inner skin（ex. Zhong guo chang）
1.Green or brownish green yang shoot and yang leaf; quadrangular stem with wing but not spine.
 3.Green wing with purple edge<1mm; cordate chartaceous leaf -- Cluster of bottle-shape tuber（ex. Tainung 2）
 3.Green wing<1mm; cordate coriaceous leaf.---Tainung 1
 3.Green wing＞2mm; sagittate chartaceous leaf. --Er cih
1.Multi-edged stem without wing but with spines at base; green coriaceous leaf----------------------- Cluster of long length tuber（ex. Yang ming shan）
1.Multi-edged stem at base without spine and wing, green above quadrangular stem with green wing<1mm---------------- Tai ya

Characteristics of *D. alata*: Stem twining anticlockwise; quadrangular or multi-edged stem, stem with wing or with spines at base; aerial bulbil absent; cordate or sagittate leaf, length≧12cm, petiole with wing.

圖 1. 八個山藥物種地上部外表形態。(A: *Dioscorea alata* L.; B: *D. rotundata*; C: *D. persimilis*; D: *D. batatas Decne*; E: *D. pseudojaponica Yamam*; F: *D. doryphora Hance*; H: *D. escunlenta*; G: *D. bulbifera*).

Fig. 1. Plant shoot morphological of eight yam species. (A: *Dioscorea alata* L.; B: *D. rotundata*; C: *D. persimilis*; D: *D. batatas Decne*; E: *D. pseudojaponica Yamam*; F: *D. doryphora Hance*; H: *D. escunlenta*; G: *D. bulbifera*).

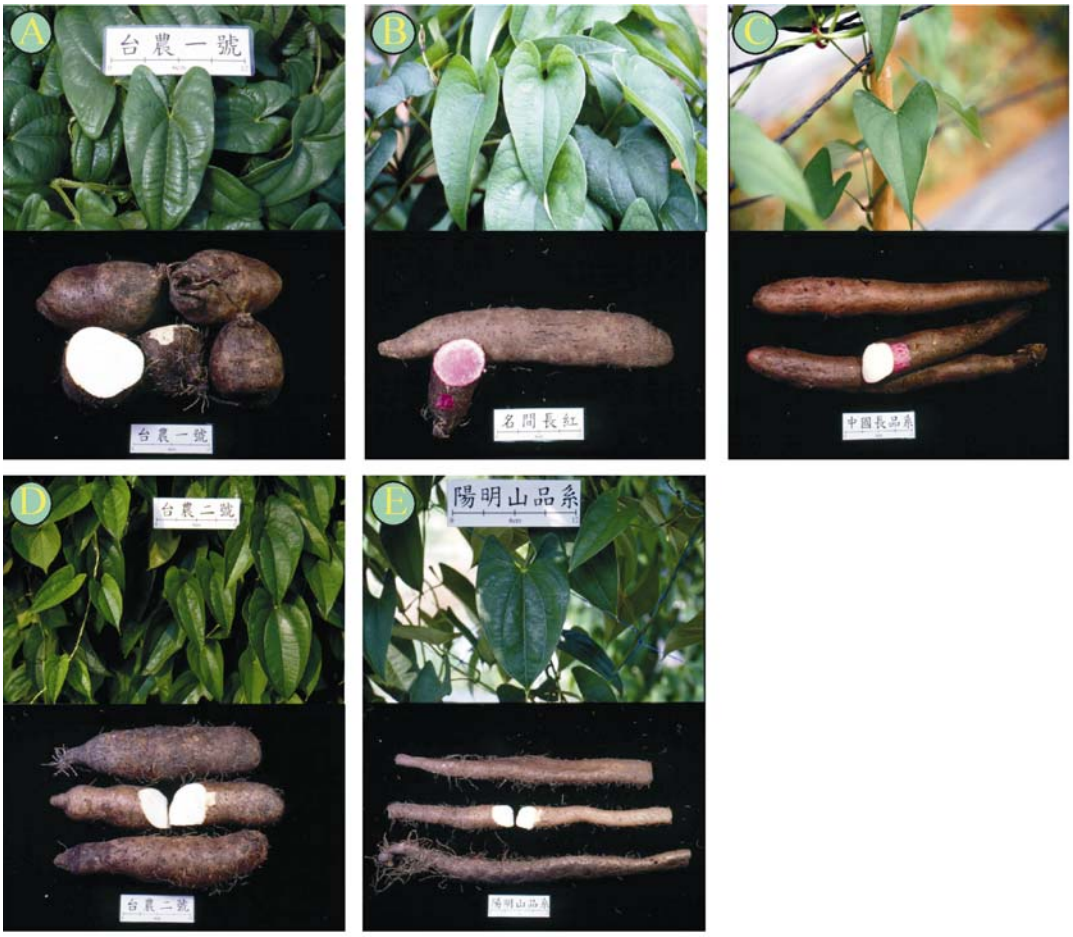


圖 2. 山藥 *Dioscorea alata* 物種內五個主要品種群外表形態。(A：塊狀薯群，例如台農 1 號；B：紅肉山藥群，例如名間長紅；C：紅皮白肉山藥群，例如中國長品系；D：罐形薯群，例如台農 2 號；E：長薯山藥，例如陽明山品系)。

Fig. 2. Plant shoot morphological of five clusters within *Dioscorea alata* species. (A: Cluster of clumpy yam, ex. Tainung 1; B: Cluster of red flesh tuber, ex. Ming jian chang hong; C: Cluster of white flesh tuber with red inner skin, ex. Zhong guo chang; D: Cluster of bottle-shape tuber, ex. Tainung 2; E: Cluster of long length tuber, ex. Yang ming shan).

之物種相符合，最大一群為 *D. alata* 物種，共有 21 個參試品種(系)，可再進一步分為五小群，其中第一小群為台農一號、春日品系及 TUBA 品系等塊狀或短型山藥，第二小群為紅皮紅肉山藥(*D. alata var. purpurea*)，但同為紅肉山藥之埔里一號則與分至第一小群，第三小群為紅皮白肉(中國長等品系)，第四小群為長薯山藥(陽明山及 F155 品系，俗稱刺薯)，第五小群為台農 2 號、品十一及三芝 A 等品系，而優良品系大汕二號與台農 2 號明顯不同，如此的 RAPD 結果能與外表性狀調查結果相符合，但進一步的群內品種鑑定則仍有困難。然而，中寮品系(*D. persimilis*)出乎預期混雜在 *D. alata* 之中。

另外六群則分別是 *D. escunlenta*，*D. pseudojaponica*，*D. batatas*，*D. doryphora*，*D. rotundata* 及 *D. bulbifera*，其中 *D. pseudojaponica* 與 *D. batatas* 親緣較近，而 *D. escunlenta* 及 *D. bulbifera* 則明顯獨立分出。

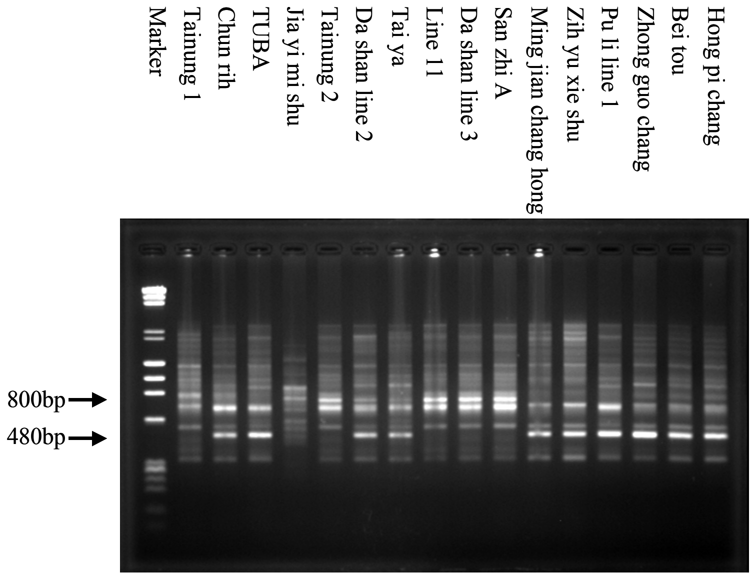


圖 3. 利用逢機引子 OPA-10 進行 RAPD 之 16 個山藥品種（系）之電泳圖譜。
Fig. 3. RAPD patterns of 16 yam varieties (lines) obtained with random primer OPA-10.

討　　論

外表形態調查是植物分類主要依據，也可做為作物品種分類、分群的參考。蔡等學者(1999)對大陸地區收集之 46 個山藥品種依農藝性狀進行分類，將山藥分為 2 個物種，5 個變種，10 個品種群；2 個物種為普通山藥(*D. batatas* Decne.)與田薯(*D. alata* L.)；普通山藥分為長山藥及棒山藥 2 個變種，長山藥變種分為淺裂三角葉、深裂三角葉及長心形葉 3 個品種群；棒山藥變種為 1 個品種群；田薯分為長柱形、圓筒形及扁塊形 3 個變種；長柱形變種分為白肉品種群與淡黃肉品種群；圓筒形及扁塊形變種又各分為白肉品種群和紫紅肉品種群。本試驗中 *D. batatas* 物種之大淮品系、D89A1 及 D89B1 係由大陸地區引進，對照蔡等學者(1999)之研究，大淮品系、青森品系、小葉壽豐品系及 D89A1 屬於長山藥變種之淺裂三角葉品種群，而 D89B1 可歸於深裂三角葉品種群，主要分類依據為葉片刻裂程度，而台灣目前似乎未見長心形葉之 *D. batatas* 品系及棒山藥變種；本試驗之 *D. alata* 分群方式與蔡等學者(1999)之研究不同，台灣目前似乎沒有紫紅色葉脈之淡黃肉品種群，(紫)紅肉山藥為 *D. alata* 之一個變種 *D. alata var. purpurea*，此外，以薯塊長度作為分類依據並不適當，如本所栽培之大汕二號薯塊長約 80cm，而南投名間地區栽培可達 200cm 以上，也說明了農藝性狀易受到環境影響而不穩定。Bindroo 及 Bhat(1986)針對山藥 *D. deltodea* 外表形態進行參數的穩定性分析，結果顯示塊莖內 diosgenin 含量，莖徑，及葉片寬度為穩定的性狀表現，而塊莖的長度、分叉及葉柄長度穩定性低，易受環境影響，因此表 2 所列性狀調查結果著重於質的性狀，具有穩定、可明確區分性，依據地上部外表形態可明確區分出不同的山藥物種，甚至是 *D. alata* 物種內不同類型的品系山藥，但同一類型內(如中國長，北投及紅皮長品系)則不易區分，需要其他方式輔助。

Lebot 等(1998)針對 *D.* alata 269 個品種系進行同功酶、外表形態及理化特性進行分析及分群，但三種分群結果並不一致。Sato(1997)以日本及韓國地區收集的山藥為材料，進行擔根體蛋白質 PAGE

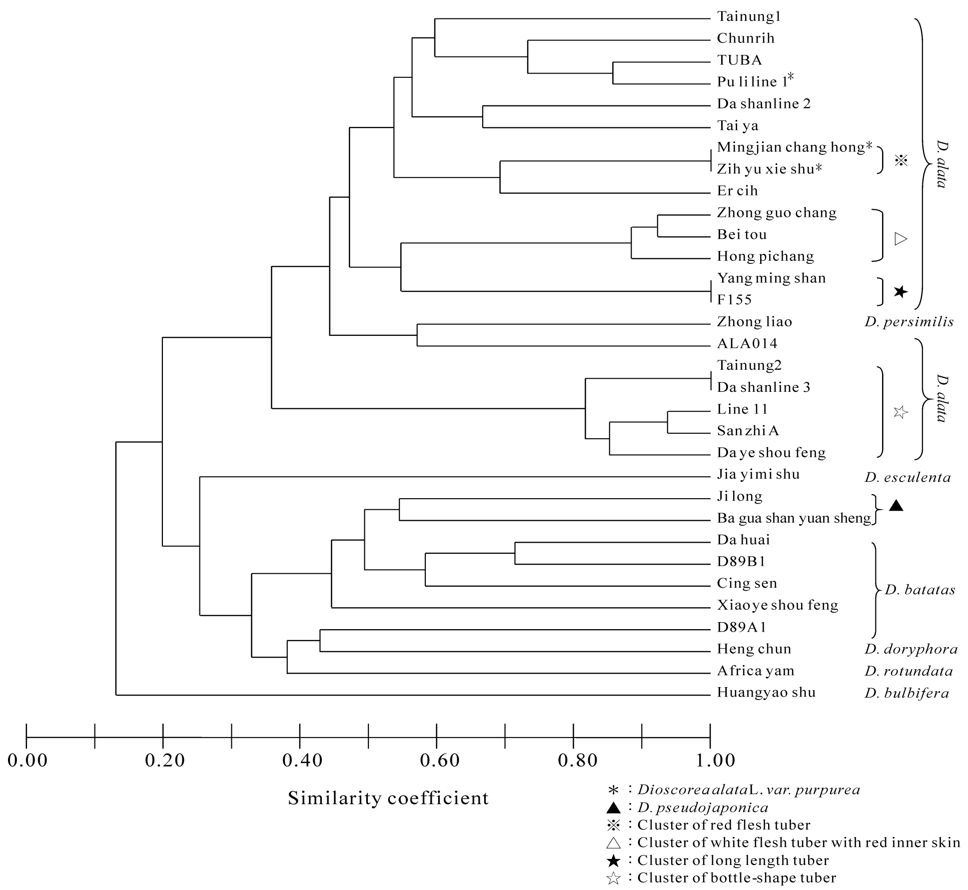


圖 4. 三十二個山藥品種（系）依據 RAPD 分子標記之群組分析結果。

Fig. 4. Cluster analysis of thirty-two yam (*Dioscorea. spp.*) varieties (lines) base on RAPD analysis.

條帶分析，*D. alata*、*D.esculenta* 及 *D. cirrhosa* 物種之蛋白質圖譜明顯與 *D. opposita* 及 *D. japonica* 不同，在 *D. opposita* 物種中，雄性品種如 Nagaimo 及 Tokkuriimo 品種無論薯塊外表形狀是否相同，其蛋白質有二個典型條帶；而雌性品種如 Ichoimo 及 Tsukuneimo 有許多蛋白質條帶，其中部份條帶與 *D. japonica* 物種條帶相似，如此結果可作為山藥分群輔助。在 DNA 分子層次方面，Asemota 等學者 (1996)針對牙買加地區重要五個山藥物種(*D. alata*、*D. cayenensis*、*D. rotundata*、*D. trifida* 及 *D. esculenta*)的 11 個品種進行 RAPD 分析，同一品種內不同株之間並無變異，而品種間及物種間則有相當多變異可作為牙買加地區山藥品種區別之依據。在本試驗中，RAPD 分子性狀分群的結果與外表形態分類結果相近，此外，依分群結果歸於同一種群的品種(系)，顯示其彼此之間親緣較近。Asano 及 Imagawa(1999) 進行 *D. opposita* 與 *D. japonica* 種間雜交，可獲得少數具有不成熟胚的種子，可再藉由胚培養得到部分幼苗；由田間觀察也發現小葉壽豐(*D. batatas*)雌性株有結實情形，而鄰近無 *D. batatas* 雄性株，基隆品系(*D. pseudojaponica*)可能是其授粉來源，由結實結果知此二物種親緣可能較接近，由 RAPD 分析分群結果也得到印證。然而，中寮品系明顯與 *D. alata* 物種不同，卻被依據 RAPD 分子標記之群組分析分在同一群，此一結果需要增加分子性狀數量加以釐清。

藉由外表形態明確鑑定品種頗為困難(如台農 2 號與其他品系列)，本次 RAPD 分子性狀也尚且無法提供鑑定的依據，但部份特定品系有專一性條帶，將進一步進行定序，期能作為日後品種鑑定參考。此次外表形態分群結果可以在 RAPD 分析分群獲得印證，表示每一群可依其同群特色進行多樣化育種，現有塊狀薯群(台農 1 號)、罐形薯群(台農 2 號)、淮山藥群(花蓮 3 號)、長薯山藥群(桃園 4 號)，日後可選育紅肉山藥群品種、紅皮白肉山藥群品種、基隆山藥群品種及恆春山藥群品種等，開發品種群特色，可讓消費者有更明確的選擇。

引用文獻

劉新裕、張同吳、林義恭、陳淑芬、王昭月、朱戩良、王順成。1999。山藥之品種特性、生產潛力、物化性質與抗氧化研究。中華農業研究 48:1-22。

劉新裕、盧煌勝、林俊義。2000。山藥之生產與藥膳利用。農業試驗所。台中縣霧峰鄉。7 pp.

蔡金輝、嚴漸子、黃曉輝、葉淑靜、蔣倫偉、顧之中。1999。山藥品種資源的分類研究。江西農業大學學報 1(1):1-7。

Abraham, K. 1998. Occurrence of hexaploid males in *Dioscorea alata* L. Euphytica 99:5-7.

Abraham, K. and P. G. Nair. 1991. Polyploidy and sterility in relation to sex in *Dioscorea alata* L. (Dioscoreaceae). Genetica 83(2):93-98

Agbor-Egbe, T. and S. Treche. 1995. Evaluation of the chemical composition of Cameroonian yam germplasm. J. Food Compos. Anal. 8:274-283.

Asano, Y. and M. Imagawa. 1999. Hybrid seed formation among *Dioscorea opposita* Thunb. cvs. Nagaimo, Ichoimo, Tsukuneimo, and *Dioscorea japonica* Thunb. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 68(3):591-597.

Asemota, H. N., J. Ramser, C. Lop'ez-Peraltaet, K. Weising, and G. Kahl. 1996. Genetic variation and cultivar identification of Jamaican yam germplasm by random amplified polymorphic DNA analysis. Euphytica 92(3):341-351.

Bindroo, B. B. and B. K. Bhat. 1986. Estimates of stability parameters in *Dioscorea deltoidea* Wall. Ann. of Bot. (Lond.) 57:299-303.

Huang, T. C. and J. L. Hsiao. 2000. Dioscoreaceae p.87-98. *in*: Flora of Taiwan. Vol. 5. Second Edition. Editorial Committee of the Flora of Taiwan. Department of Botany, National Taiwan University. Taipei.

Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la dis distribution florale. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat. 44:223-270.

Lebot V., B. Trilles, J. L. Noyer, and J. Modesto. 1998. Genetic relationships between *Dioscarea alata* L. cultivars. Genet. Reso. Crop Evol. 45:499-509.

Martin, F. W. 1969. The species of Dioscorea containing sapogenin. Economic botany 23:373-379.

Salda V. B., L. Ramsden, M. Sun, and H. Corke. 1998. Genetic variation in physical properties of flour from selected Asian yams (*Dioscorea spp*.). Trop. Agric. 75(2):212-216.

Sato, T. 1997. Genetic relationship among Dioscorea species and cultivars by rhizophore protein analysis with polyacrylamide gel electrophoresis. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 66(3-4):535-541.

Singh R. S., T. K. Bhattacharyya, and A. C. Ghosh. 1995. Diosgenin variablility in plants propagated from male and female lines of *Dioscorea floribunda* Mart. & Gal. Trop. Agric. 72(2):173-174.

Study on Morphological and Molecular Markers of Yam (*Dioscorea spp.*)[1] Germplasm

Jui-Sheng Lai[2,3], Jui-Lung Kao[2], Yi-Kung Lin[2], Min-Fu Hu[2] and Sin-Yi Liu[2]

Summary

Lai, J. S., J. L. Kao, Y. K. Lin, M. F. Hu, and S. Y. Liu. 2005. Study on morphological and molecular markers of yam (*Dioscorea spp.*) germplasm. J. Taiwan Agric. Res. 54:195-206.

Thirty-two yam lines of nine species, including *Dioscorea alata L.* (17 lines), *D. alata L. var. purpurea* (3 lines), *D. batatas* (5 lines), *D. pseudojaponica* (2 lines), *D. doryphora* (1 line), *D. escunlenta* (1 line), *D. bulbifera* (1 line), *D. rotundata* (1 line) and *D. persimilis* (1 line) were used in this study. Variation among and within yam species was investigated via morphological and RAPD analysis. Forty random primers were carried out in RAPD analysis. Forty-three polymorphic bands generated by twelve primers were used in cluster analysis. The result reveals seven clusters consistent with classification yam species. *D. alata* species is the largest cluster, and can be further divided into five sub-clusters. The first sub-cluster is clumpy yam. The second sub-cluster is bottle-shape yam. The third sub-cluster is white flesh with red skin yam. The forth sub-cluster is red flesh yam. Another one is long tuber length yam. Although it is still difficult to identify specific line within the same cluster, such a RAPD analysis corresponds with morphological analysis reveals that it is possible to proceed breeding cluster by cluster.

Key words: Yam, Morphological trait, Molecular marker.

---

1. Contribution No.2238 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: September 9, 2005.

2. Assistant Researcher, Assistant Researcher, Assistant Researcher, Associate Researcher and Senior Researcher respectively, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, e-mail: larry@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23302806.

台 灣 農 業 研 究 稿 約

一、本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論(可略去)、誌謝(可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過十印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不需分章節撰寫，但需附中英文摘要，全文以不超過四印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿一份及影印稿二份(內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張(長 29.6 公分，寬 21 公分)，空一行(double space)打字，12 號字，左邊對齊，上下應預留 3 公分，左右 2 公分空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。英文撰寫時，左邊對齊、字距一格，句距二格，以 Times New Roman 字體打字，以便審查。審查接受之稿件，隨文請附文稿內容磁片或電子檔案，以利電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題(Running title)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以“，”相隔，最後一人前加“and”字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen and Chyr-Guan Chen。每一作者需附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、卷期及頁數，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字為原則。以中(英)文發表者須附英(中)文摘要，置於本文之後，且內容須與中(英)文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文：依序為前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論 (DISCUSSION)、結論 (CONCLUSION)、誌謝 (ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻(LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，須使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目(heading)單行置於該章節之前，小章節題目(sub heading)直接置於小章節之首。

表　　格：

1、每一表格應分別繕製，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 1 (Table 1.)，表 2 (Table 2.) 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。

5、表格僅列橫線。

6、性質類同之圖與表務請精簡與合併。

圖　片：

1、圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙(白色透明紙)上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中加註者，應於圖中說明，或以括號註明於標題之後。

3、照片以光面紙為原則，清晰度以縮小 50%可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面(25cm X 18cm)為宜。

4、圖版及照片下方應有標題 (或另頁繕寫)，並按文中出現的順序加上圖 1(Fig.1)、圖 2(Fig.2)等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿應中英文併寫，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、引用文獻(LITERATURE CITED)－列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文為限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991) (Lo 1991，1992) (陳 & 胡 1983) (Sung 1991；Hsu *et al.* 1992)，置於引用文處。

2、中文稿可列中、英文文獻，文獻原文為中(英)文者，須以中(英)文列文獻。英文稿之引用文獻須全採用英文。

3、中文文獻以作者姓氏筆劃為序，英文文獻以姓名字母為序。中英文併陳時，中文在前，英文銜接其後。作者相同時以年代先後為序。

4、文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

5、西文期刊名須用縮寫，其縮寫方式參照美國出版之〝Biosciences Information Service of Biological Abstracts〞規定，中文期刊用全名。

6、文獻的書寫範例如下：

(1)文獻出自學術性期刊

陳隆澤、胡念才。1983。水稻品種(系)對稻熱病抵抗性反應之研究。中華農業研究 32:1-13。

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34-43. (in Chinese with English Abstract).

Weng, J. H. 1992. CO_2 exchange characteristics of C_3 and C_4 vegetable crops in response to light and nitrogen (in Chinese). J. Agric. Assoc. China 157:21-33.

(2)文獻出自著作性書籍

楊清白。1980。家畜飼料學。藝軒。台北。180 pp.

Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press, Taipei. 100 pp.

(3)文獻出自編輯性書籍

Lo, W. S. 1991. The effect of calcium on nitrogen metabolism. p.100-110. *in* : Biology of Rice. (Sung, J. M. and D. J. Liu, eds.) Chinese Agronomy Press, Taipei.

四、單位、縮寫格式及統計分析

1、所有度量衡均採公制，數量如用中(英)文數字，單位以中(英)文全名表示；數量如用阿拉伯數字，單位以 SI units 為準，如一公尺(one meter, 1 m)、二公克(two grams, 2 g)、三公升(three liters, 3 L)、四毫升(four milliliters, 4 ml)。各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里(km)、公尺(m)、公分(=厘米)(cm)、公釐(=毫米)(mm)、微米(μm)。

(2)重量(W)：公斤(kg)、公克(g)、μg。

(3)容積(V)：公升(L)、公撮(=毫升)(ml)、μl。

2、溫度：攝氏(℃)、絕對溫度(°K，但須加以說明)。

3、時間：年(yr)、月(mo)、週(wk)、日(天)(day,days)、時(hr)、分(min)、秒(sec)。

4、濃度：莫耳(M)、千分之一莫耳(mM)、當量(N)、千分之一當量(mN)。

5、重力加速度：*g*。

6、其他之縮寫：平均(*av*)、大約(*ca*)、直徑(diam.)。

7、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 *P*(例如 $P<0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數(*r*)、決定係數(R)、變異係數(cv)、標準機差(se)等。

五、生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.” ，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

六、稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案(IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他)，並由作者負責前二校。除筆誤與格式外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

七、投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台灣農業研究

(原中華農業研究)

第五十四卷　第三期

中華民國九十四年九月出版

發行人：林俊義
總編輯：安寶貞
主　編：蕭淑芬　黃淑華　楊舜臣
編審委員：
農藝組：王強生（主審）
呂秀英　陳一心　楊純明　劉新裕
園藝組：歐錫坤（主審）
王德男　施昭彰　徐信次　劉政道
劉邦基　黃肇家
農化組：廖慶樑（主審）
郭鴻裕　劉慧瑛　簡宣裕
植病組：張清安（主審）
安寶貞　程永雄　蔡武雄　鄧汀欽
應動組：王清玲（主審）
何琦琛　陳炳輝　陳健忠　鄭　允
農機組：蔡致榮（主審）
黃禮棟　梁連勝
種原組：黃勝忠（主審）
農經組：潘德芳（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 54., No.3 Sep. 2005

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH
(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Lin, Chien-Yih

EDITORS IN CHIEF: Ann, Pao-Jen

EDITORS:

Shiau, Shu-Fen	Huang, Shu-Hua	Yang, Shen-Chen

EDITORIAL BOARD:

Chang, Chin-An (Plant Pathology)	Ou, Shyi-Kuan (Horticulture)
Tsay, Jyh-Rong (Agriculture Engineering)	Liaw, Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)	Wang, Chang-Sheng (Agronomy)
Huang, Sheng-Chung (Crop Genetic Resources)	Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei	Chen, Chien-Chung	Chen, Yi-Shin
Cheng, Edward Yun	Cheng, Yung-Hsiung	Chien, Shiuah-Yuh
Deng, Ting-Chin	Guo, Horng-Yuh	Ho, Chyi-Chen
Hsu, Hsin-Tszu	Huang, Chao-Chia	Huarng, Li-Duhng
Liang, Lien-Sheng	Liou, Pan-Chi	Liou, Tsung-Dao
Liu, Huey-Ing	Liu, Sin-Yie	Lu, Hsiu-Ying
Shih, Jau-Chang	Tsai, Wu-Hsiung	Wang, Der-Nan
Yang, Chwen-Ming		

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations

台灣農業研究第五十四卷第三期

編　　者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：林俊義

發 行 所：行政院農業委員會農業試驗所

地　　址：台中縣霧峰鄉 413 萬豐村中正路一八九號

網　　址：http://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)2330-2301～5

編　　輯
印 製 者：學安文化事業有限公司

地　　址：台中市南區仁和二街七十八號

電　　話：(04)2286-1600

中華民國 94 年 9 月出版

Vol. 54, No.3 Sep. 2005

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

CONTENTS

Study on the Manufacturing of Low-Salt Pepper Paste
....Shu-Chin Lo and Pao-Chuan Hsieh …135

Studies on the Absorption and Emission of Carbon Dioxide in Paddy Field
....Ming-Hwi Yao and Shou-Hung Chen …150

Effectiveness of Spinosad Bait in the Control of Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Guava Orchard
.................................Kun-Yaw Ho, Shi-Cheng Hung and Chien-Chung Chen …162

Development of Postharvest Handling Machine for Fresh Litchis
...............Lung-Hu Lu, Jyh-Rong Tsay, Lien-Sheng Liang, Wu-Huann Shyu, Yee-Ting Wang and Yong-Hsing Teng .... …169

Effects of Inoculation Timing on Spore Production and Temperature on Spore Germination of Arbuscular Mycorrhizal Fungi
....Ming-Fuh Chuang and Yung-Hsiung Cheng …184

Study on Morphological and Molecular Markers of Yam (*Dioscorea spp.*) Germplasm
........Jui-Sheng Lai, Jui-Lung Kao, Yi-Kung Lin, Min-Fu Hu and Sin-Yi Liu …195

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

ISSN 0376-477X

GPN02526389007

定價：新臺幣一七五